

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra stavebních hmot a diagnostiky staveb

**Stavebně technický průzkum dřevěných konstrukcí se
zaměřením na vlhkost**

**Technical building survey of timber structures focusing on the
moisture**

Student:

Eliška Svíderová

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Tereza Majstříková

Ostrava 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra stavebních hmot a diagnostiky staveb

Zadání bakalářské práce

Student: **Eliška Sviderová**
Studijní program: **B3607 Stavební inženýrství**
Studijní obor: **3647R019 Stavební hmoty a diagnostika staveb**
Téma: **Stavebně technický průzkum dřevěných konstrukcí se zaměřením na vlhkost**
Technical building survey of timber structures focusing on the moisture
Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

Dřevěné konstrukce jsou nedílnou součástí mnoha novodobých i historických staveb. Tyto konstrukce jsou vystaveny působení mnoha vlivů, které mohou způsobit jejich degradaci. Významnou roli zde má vlhkost, která ovlivňuje fyzikální i mechanické parametry a přispívá k rozvoji degradačních činitelů. Z tohoto důvodu je jedním z klíčových parametrů při stavebně technickém průzkumu právě vlhkost, jejíž hodnoty mohou být zjišťovány různými metodami.

První část práce (teoretická) bude obsahovat popis dřeva jako konstrukčního materiálu, popis vlhkostní problematiky, vad a poruch dřevěných konstrukcí. Dále budou popsány metody pro stanovení vlhkosti dřevěných prvků a další aplikované diagnostické metody.

Ve druhé části (praktické) bude proveden předběžný stavebně technický průzkum vybrané dřevěné konstrukce. Poté bude proveden podrobný průzkum vlhkosti s využitím několika metod měření. Kromě vlhkosti dřeva budou stanoveny také jeho vybrané vlastnosti, které mohou být vlhkostí ovlivněny. Výsledky budou následně porovnány a vyhodnoceny.

Seznam doporučené odborné literatury:

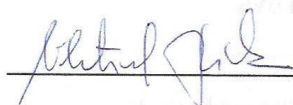
- KOLEKTIV AUTORŮ: *Vybrané kapitoly k tématu péče o stavební a umělecké památky II. Díl*. Praha: Idea servis. 2008, ISBN 978-80-85970-62-3.
KUKLÍK, P.: *Dřevěné konstrukce*. Praha: ČKAIT, 2005. ISBN 80-86769-72-0.
MENCL, V.: *Stavebně technické průzkumy*, Praha: ČKAIT, 2012, ISBN 978-80-87438-27-5
WITZANY, J., et al.: *PDR – Poruchy, degradace a rekonstrukce*. Praha: ČVUT, 2010. ISBN 978-80-01-04488-9.
ČSN EN 335 Trvanlivost dřeva a materiálů na bázi dřeva - Třídy použití: definice, aplikace na rostlé dřevo a na výrobky na bázi dřeva (2013).
ČSN EN 408 Dřevěné konstrukce – Konstrukční dřevo a lepené lamelové dřevo – Stanovení některých fyzikálních a mechanických vlastností (2012).
ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí (2014).
ČSN EN 13183-1 Vlhkost vzorku řeziva - Část 1: Stanovení váhovou metodou (2002).
ČSN EN 13183-2 Vlhkost vzorku řeziva - Část 2: Odhad elektrickou odporovou metodou (2002).
ČSN EN 13183-2 Vlhkost vzorku řeziva - Část 3: Odhad kapacitní metodou (2005).

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tereza Majstříková**

Datum zadání: 31.10.2016

Datum odevzdání: 02.05.2017



vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....

.....

podpis studenta

Prohlašuji:

- byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121 / 2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 - školní dílo
- беру на вѣдомі, же Высoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, же оdevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111 / 1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě.....

Anotace

Stavebně technický průzkum dřevěných konstrukcí je důležitým prvkem k určení skutečného stavu konstrukce, k určení vad a poruch a k následnému návrhu sanace konstrukce. Z hlediska materiálového jsou získány informace, které se týkají zejména kvality a stavu použitých materiálů.

Bakalářská práce se zabývá provedením stavebně technického průzkumu se zaměřením na vlhkost dřevěného objektu – chlěvu ve Velkých Karlovicích. Při průzkumu se použily přístroje ke stanovení vlhkosti, konkrétněji kapacitní vlhkoměr GMK 100, odporový hrotový elektrický vlhkoměr WHT 650 Elbez a ke stanovení hustoty dřeva přístroj Pilodyn 6J. V závěru bakalářské práce bude zhodnocena aplikace jednotlivých použitých metod.

Klíčová slova

Stavebně technický průzkum, dřevěná konstrukce, stanovení vlhkosti, stanovení hustoty, destruktivní a nedestruktivní metody

Annotation

Technical building survey of timber structures is an important step to determine the actual condition of the structure, to determine the defects and failures and subsequent draft redevelopment construction. From a material point of view, information about the quality and condition of used materials is mainly obtained.

This bachelor thesis deals with the execution of the technical building survey focusing on the moisture of timber structure - the barn in Velké Karlovice. The survey instrument were used to determine the moisture content, specifically capacitive material moisture meter GMK 100, resistive tip electric hygrometer WHT 650 ELBEZ, and the density of wood instrument Pilodyn 6J. In conclusion of the thesis, the applications of various used methods were evaluated.

Key words

Technical building survey, timber structure, determination of moisture, determination of density, destructive and non – destructive methods

Obsah bakalářské práce

Seznam použitého značení	9
1. Úvod	11
2. Cíle práce	12
I. TEORETICKÁ ČÁST	13
3. Obecné informace o dřevě	13
3.1. Struktura dřeva	13
3.2. Vlastnosti dřeva	16
3.2.1. Fyzikální vlastnosti dřeva	17
3.2.2. Mechanické vlastnosti dřeva	18
3.3. Vady dřeva	19
4. Vlhkost dřeva	20
4.1. Voda ve dřevě	20
4.2. Relativní a absolutní vlhkost	20
4.3. Důsledky změn vlhkosti dřeva	21
5. Degradace dřeva	22
5.1. Biologická degradace	23
5.1.1. Bakterie	23
5.1.2. Dřevokazné houby	23
5.1.3. Dřevokazný hmyz	24
5.2. Atmosférická degradace	26
6. Dřevěné konstrukce	26
6.1. Hodnocení dřevěných konstrukcí	27
6.2. Předběžný stavebně technický průzkum	29
6.3. Podrobný stavebně technický průzkum	29
6.4. Doplnkový stavebně technický průzkum	30
II. PRAKTICKÁ ČÁST	31
7. Zkoumaný objekt	31
8. Stavebně technický průzkum objektu	33
8.1. Předběžný stavebně technický průzkum	33
8.1.1. Popis současného stavu objektu	34
8.1.2. Určení použitých dřevin v konstrukci	40
8.2. Podrobný stavebně technický průzkum	40

8.3. Metody pro stanovení vlhkosti ve dřevě	40
8.3.1. Stanovení váhovou metodou	40
8.3.2. Stanovení elektrickou odporovou metodou	42
8.3.3. Stanovení kapacitní metodou	43
8.4. Stanovení hustoty dřeva	44
8.4.1. Laboratorní stanovení hustoty	44
8.4.2. Měření s přístrojem Pilodyn	46
8.5. Zhodnocení výsledků	48
8.5.1. Váhová metoda	48
8.5.2. Odporová metoda	49
8.5.3. Kapacitní metoda	51
8.5.4. Laboratorní stanovení hustoty	54
8.5.5. Stanovení hustoty pomocí Pilodynu	54
8.5.6. Porovnání zkušebních metod	56
9. Závěr	58
10. Poděkování	59
11. Použité zdroje informací	60
11.1. Normy	60
11.2. Odborná literatura	60
11.3. Zdroje z internetu	60
12. Seznamy	64
12.1. Seznam obrázků	64
12.2. Seznam tabulek	65
12.3. Seznam příloh	65

Seznam použitého značení

cm...centimetr

cm³...centimetr krychlový

ČSN...Česká technická norma

d. 45... nastavení kapacitního přístroje pro dřevinu SMRK

d. 50... nastavení kapacitního přístroje pro dřevinu BOROVICE

d. 65...nastavení kapacitního přístroje pro dřevinu BUK

EN...Evropská norma

e...exteriér

Gr...Gravimetrická (váhová metoda)

g...gram

g.cm⁻³...gram na centimetr krychlový

ISO...Mezinárodní norma

i...interiér

Ka...Kapacitní metoda

kg...kilogram

kg.m⁻³...kilogram na metr krychlový

MH...Mez hygroskopicity

MNBS...Bod nasycení buněčných stěn

m...metr

m³...metr krychlový

m_w...hmotnost vzorku o známé vlhkosti [g]

m₀...hmotnost vysušeného vzorku [g]

Od...Odporová metoda

Obr...obrázek

P...Podlaha

Pi...Pilodyn 6J

S...Stěna

T...Trám

Tab...tabulka

tp,12...hloubka průniku trnu při známé vlhkosti (Pilodyn) [mm]

tp...hloubka průniku trnu při vlhkosti 12 % (Pilodyn) [mm]

viz... lze vidět

w... vlhkost [%]

Δw ... rozdíl vlhkostí [%]

w_{abs}... absolutní vlhkost [%]

w_{rel}... relativní vlhkost [%]

⁰C... stupně Celsia

%... procenta

ρ_{12} ... hustota dřeva při vlhkosti 12 % [kg.m⁻³]

ρ_0 ... hustota dřeva při vlhkosti 0 % [kg.m⁻³]

1. Úvod

Dřevo je stavební materiál, který má své kouzlo a konstrukce z tohoto materiálu tvoří minulost, ale i budoucnost při realizaci staveb. Dřevěné konstrukce se dnes využívají čím dál častěji, zejména pro konstrukce střech, ale i pro nosné systémy. V dnešní době je velký trend ve výstavbě konstrukcí ze dřeva, což je patrné především v horských oblastech, kam tyto dřevěné objekty patří.

Výhodou dřevěných konstrukcí, konkrétněji dřeva, je jeho snadná opracovatelnost, dostupnost a ekologičnost. Další výhodou je jeho estetika, která především rozhoduje o výběru dřeva do konstrukcí.

Na druhou stranu mezi hlavní nevýhody dřeva patří nutnost dřevo chránit před dřevokaznými škůdci, ale také chránit dřevo před působením ohně. Dřevo je totiž hořlavý materiál, který je potřeba chránit pomocí přípravků.

Při vybírání bakalářské práce jsem vycházela z faktu, že dřevo je fascinující materiál a proto jsem se rozhodla jím zabývat. Vybrala jsem si starý dřevěný objekt, u kterého jsem provedla základní diagnostiku.

Hlavně jsem se zaměřila na stanovení vlhkosti pomocí různých metod, jelikož se stavba nachází v horách, kde je velké střídání teplot během změny ročních období. Zároveň je možné pro stanovení vlhkosti řadu zkušebních metod s různou přesností měření a proto bych si chtěla jejich aplikaci ověřit na konkrétním objektu.

2. Cíle práce

Cílem mé bakalářské práce je provést stavebně technický průzkum, u kterého jsem se především snažila o nalezení všech vad a poruch vybraného objektu a o následné stanovení vlhkosti dřevěných prvků pomocí různých zkušebních metod.

V rámci práce byly použity destruktivní i nedestruktivní postupy měření vlhkosti, které byly zvoleny tak, aby byly využity principiálně různé metody. Měření vlhkosti bylo v rámci mé bakalářské práce doplněné o stanovení hustoty zkoušeného dřeva.

Z hlediska textové je práce členěna na teoretickou a praktickou část.

V teoretické části budou uvedeny obecné informace o dřevě, jeho vlastnostech a obzvláště vlhkostní problematice. Dále také bude popsána degradace dřeva a průzkum dřevěných konstrukcí.

V další části – praktické, budu, jak již bylo uvedeno, řešit konkrétně stavebně technický průzkum v předběžné a podrobné fázi, během něho budou použity i metody pro stanovení vlhkosti a hustoty dřeva.

V závěru bakalářské práce budou porovnány použité zkušební metody a zhodnoceny naměřené hodnoty vlhkosti.

I. TEORETICKÁ ČÁST

3. Obecné informace o dřevě

Dřevo patří mezi nejstarší používané přírodní materiály, které jsou ve stavebnictví stále často využívány. Tvoří větší část z objemu stromu, přesněji jeho vnitřní část kmene včetně kořenu a větví. [9, 32]

Dřevo je typické svými výhodnými vlastnostmi, např. je pevné, lehké a má nízkou objemovou hmotnost. Samozřejmě má i své nevýhody, je hořlavé, tvarovatelné s narůstající vlhkostí a podléhá atmosférickým vlivům a škůdcům. [9]

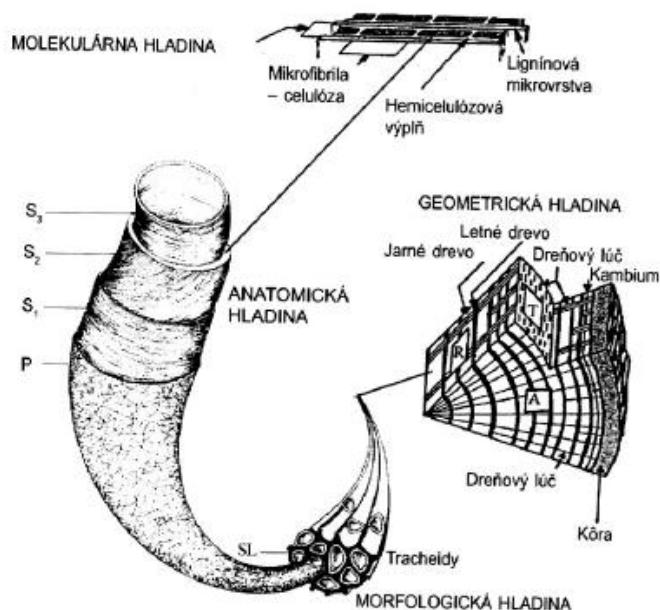
Primárně se dřeviny mohou dělit na **listnaté** a **jehličnaté**, kde se obě tyto skupiny mohou dále rozdělit na **měkké** a **tvrdé**. [9, 32]

3.1. Struktura dřeva

Struktura a vlastnosti dřeva jsou zásadně ovlivněny nestejnorodostí, anizotropií a změnou vlastností, která závisí na druhu a podmínkách při růstu dřeva. Vlastnosti dřeva bývají často ovlivněny i povětrnostními vlivy a okolním prostředím. Dále taky záleží na části, z které bylo dřevo odebráno ze stromu. [11]

Rostlé dřevo můžeme hodnotit v následujících strukturách. Primární nebo také molekulární struktura dřeva udává chemické složení jednotlivých částí dřeva.

Celulóza, hemicelulóza a lignin jsou hlavními složkami primární struktury dřeva, které jsou doplněny organickými nebo anorganickými složkami tvořící vnitřní část buněk. Molekulární struktura (viz Obr. 1) má vliv na trvanlivost a degradaci dřeva. [9, 32]



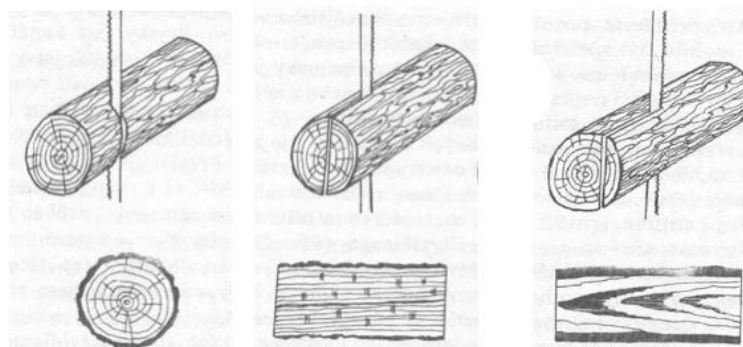
Obr. 1 – Členění struktur dřeva [32]

Sekundární – anatomická struktura udává stavbu stěn buněk, přesněji způsob umístění jednotlivých složek dřeva a vrstevnatost. Buněčná stěna má několik vrstev. Primární a sekundární stěny a střední lamely. [11, 32, 39]

Dřevo obsahuje buňky, které se během životnosti stromu funkčně mění. Tvoří morfologickou hladinu ve stavbě dřeva. Podle funkce je můžeme rozdělit do tří základních skupin na parenchymatické, sklerenchymatické a cévy.

Dřevo listnatých stromů má anatomickou stavbu složitější než jehličnany, které jsou tvořeny z větší části tracheidy. [32, 39]

Vnější vzhled dřeva popisuje makroskopická stavba, díky které lze pouhým okem nebo pomocí lupy dobře určit druh dřeviny. Pro přesnější popis vzhledu a následné určení vlastností se provádí hodnocení struktury vybraných dřevin na základních řezech (viz Obr. 2). [9]

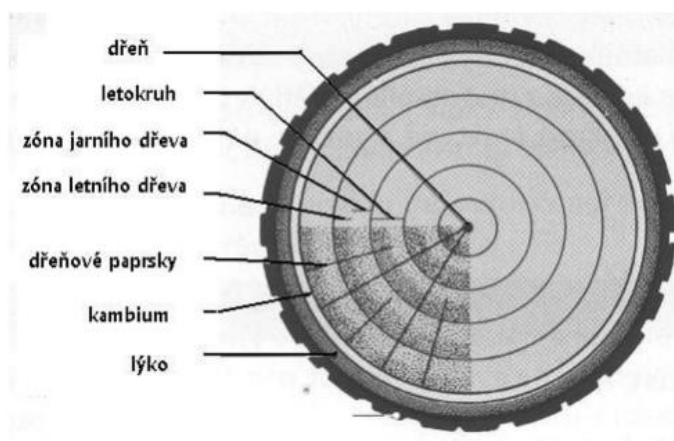


Obr. 2 – Základní řezy dřevem [11]

Příčný neboli transversální řez dřevem vedeme kolmo k hlavní ose kmene a poznáme ho podle soustředně probíhajících letokruhů. Radiální řez se provádí středem kmene a rovnoběžně s osou. Letokruhy u tohoto řezu vytvářejí svislé pásy. Poslední řez je tangenciální – tečnový, který neprochází středem ani rovnoběžně s osou, ale je kolmý k příčnému řezu. [32, 39]

Letokruhy zde vypadají jako parabolické útvary taky nazývané fládry. [32, 39]

Největší množství makroskopických znaků se nachází na transversálním řezu kmenem (viz Obr. 3), kde můžeme dobře pozorovat dřeň, bělové dřevo, letokruhy, jádro, suky, dřeňové paprsky, ale také cévy a kanálky pryskyřice. [11, 32]



Obr. 3 - Kmenové prvky v příčném řezu [11]

Dřeň – je umístěna ve středu kmene stromu, ne však přímo v geometrickém středu, k tomu dochází jen v ideálním případě. Většinou je ve tvaru kruhu nebo oválu o průměru do 5 mm. V některých případech může mít i jiný tvar. [9]

Dřevo se nachází v rozmezí od dřeně ke kůře a je tvořeno bělem, jádrem a vyzrálým dřevem. Tyto zóny jsou obvykle od sebe barevně rozlišeny. **Běl** je světlejší vnější část dřeva a má za úkol vést vodu od kořenů k listům. **Jádro** je tmavší, středová část kmene, která má menší obsah vody, ale lepší technické parametry. **Vyzrálé dřevo** není obvykle od běle nijak barevně odlišeno. Je viditelné pouze u čerstvě pokáceného dřeva, kdy je světlejší než běl. [5, 9]

Letokruhy nám určují stáří dřeva. Představují přírůstky dřeva za jeden rok. Rozeznáváme jarní a letní přírůstky. Tloušťka a stavba letokruhů je odlišná u různých druhů dřevin a ovlivňuje ji stáří dřeviny a její umístění ve kmeni. [9]

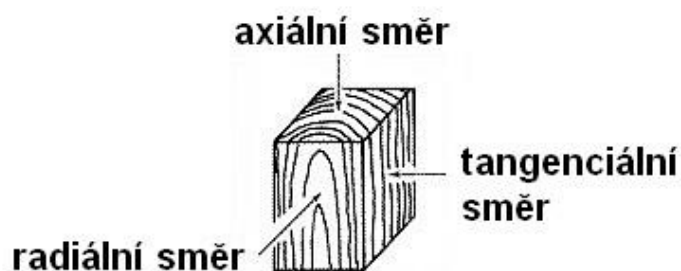
Dřeňové paprsky jsou útvary tvořené skupinou buněk ve směru kolmém na letokruhy. Mají vliv na vlastnosti dřeva, přesněji zapříčiňují vznik výsušných trhlin a šíří nákazu dřevokaznými houbami. Lze je najít u všech dřevin, u některých je však nevidíme pouhým okem. [9]

Kůra je povrchová část kmene, která může zaujímat až 25 % objemu stromu, a jejíž vzhled se liší v závislosti na druhu dřeviny. **Borka** je vnější odumřelá část kůry, která se odlupuje. Její hlavní úkol je zabránit povětrnostním vlivům, aby dřevo poškodily. **Lýko** je část kůry, přiléhající ke kambiu. Jeho funkcí je vést živiny obsažené ve vodě kmenem do ostatních částí stromu. [9]

Kambium je vrstva mezi dřevem a lýkem a kvůli její tloušťce, která je 30 - 60 mikrometrů, ji nemůžeme vidět okem. Tato vrstva zajišťuje dělení buněk, díky nimž dochází k růstu stromu. [32, 35, 39]

3.2. Vlastnosti dřeva

Dřevo patří mezi tzv. anizotropní materiál. To znamená, že jeho vlastnosti se liší v jednotlivých směrech (viz Obr. 4). Obecně se dá říct, že vlastnosti dřeva jsou nejvýhodnější ve směru rovnoběžném s vlákny. [15, 39]



Obr. 4 – Směry dřeva [39]

3.2.1. Fyzikální vlastnosti dřeva

Fyzikální vlastnosti jsou takové vlastnosti dřeva, které zkoumáme, aniž bychom narušili celistvost a chemické složení dřeviny. [12, 14]

Do této skupiny vlastností náleží i parametry popisující vzhled dřeva, jako je například **barva**, která se mění s působením světla, vzduchu ale i vlhkosti. **Lesk** je ukazatelem odrazu paprsků světla od povrchu dřeva. [12, 14]

Textura dřeva je kresba, která se objeví až potom co dřevo rozřežeme. U jehličnatých dřevin je méně výrazná než u listnatých stromů. [9]

Vůně dřeva lze rozpoznat určité dřeviny. Nejsilnější vůni lze pozorovat u čerstvých dřevin, ale s časem už není tak zřetelná. [12, 14]

Hustota dřevní hmoty je přibližně stejná u všech dřevin a její hodnota se uvádí okolo $1\,500\text{ kg.m}^{-3}$. Zatímco hustota dřeva je různá v závislosti na druhu dřeviny. Je to jedna z nejvíce charakteristických vlastností a na její hodnotu má vliv ale i vlhkost. Dle objemové hmotnosti lze dřeviny rozdělit do několika skupin (viz Tab. 1). [12, 14, 34]

Tab. 1 - Dělení dřevin dle hustoty (objemové hmotnosti) dřeva [35]

DŘEVINY	HUSTOTA DŘEVA
Velmi lehké	do 400 kg.m^{-3}
Lehké	$400 - 500\text{ kg.m}^{-3}$
Mírně těžké	$500 - 600\text{ kg.m}^{-3}$
Středně těžké	$600 - 700\text{ kg.m}^{-3}$
Těžké	$700 - 1000\text{ kg.m}^{-3}$
Velmi těžké	nad 1000 kg.m^{-3}

Vlhkost nám udává množství vody obsažené ve dřevě vyjádřené v procentech. Výrazně ovlivňuje výsledné vlastnosti dřeva, jako jeho objemové vlastnosti a pevnost.

Mezi další fyzikální vlastnosti patří i tepelně technické vlastnosti. Dřevo má malou tepelnou vodivost, která je nejmenší ve směru kolmo na vlákna dřeva. Taktéž je to s teplotní roztažností, která je rovněž nízká. [9, 12, 14]

Významným parametrem je také **hořlavost** dřeva, která je pro každou dřevinu charakterizována třemi body – bodem vzplanutí, hoření a zápalnosti. Každý z nich je dán jinou charakteristickou teplotou. [5, 9, 12]

Elektrická vodivost je téměř nulová, ale po nasycení dřeva vodou se výrazně zvětšuje.

Dřevo je materiál s dobrými akustickými vlastnostmi. Dobře tlumí nebo zesiluje zvuk.

Trvanlivost dřeva závisí na druhu dřeviny. Zpravidla platí, že dřeviny s tmavším jádrem jsou trvanlivější. Její hodnota je však ovlivněná i narůstající vlhkostí. [14, 34]

3.2.2. Mechanické vlastnosti dřeva

Jsou charakterizovány schopností dřeva odolávat působení vnějších sil. Dřevo má relativně dobré mechanické vlastnosti. Vysoký vliv na jejich zhoršení má rostoucí vlhkost, klesající hustota, ale i mnoho dalších činitelů. [15, 32]

Významným mechanickým parametrem je **pružnost** dřeva, která zkoumá deformace vyvolané působením mechanických sil, po jejichž odlehčení se dřevo vrátí do původního stavu. [13, 15]

Pevnost dřeva je vlastnost dřeva, která udává maximální možné zatížení do porušení.

Liší se v závislosti na druhu namáhání. Dělíme ji na pevnost v tahu, tlaku, smyku, ohybu a v kroucení. Pevnost v tlaku a tahu lze dále rozdělit na pevnost ve směru vláken a kolmo na ně. Největší je pevnost v tahu a ve směru vláken. [9, 35]

Tvrdost dřeva nám udává schopnost dřeva odolávat vnikání tělesa různého tvaru. Vliv na to má zejména vlhkost, stavba dřeva a směr vláken. Dle zatížení můžeme tvrdost dělit na dynamickou a statickou. **Štípatelnost** dřeva definuje schopnost dřeva dělit se na části pomocí klínu. **Ohýbatelností** rozumíme schopnost dřeva změnit tvar za přítomnosti vnějších sil a po odlehčení si ho i udržet. Obecně platí, že čerstvé dřevo je více než ohebné než dřevo suché. [13, 15, 32]

3.3. Vady dřeva

Vady neboli také odchylky dřeva od původního stavu jsou určité vlastnosti, které ovlivňují využití dřeva. Zpravidla vznikají při růstu stromu, ale mohou se objevit i na pokáceném dřevě. Za vady dřeva se považuje i napadení cizopasnými organismy.

Suky jsou nejrozsáhlejší růstové vady dřeva. Jedná se o zbytky větví, obrostlé dřevem. Suky můžeme dělit podle velikosti, podle tvaru, ale také podle toho jak moc jsou srostlé s okolním dřevem. [16, 17, 18]

Trhliny můžeme rozdělit podle vzniku do dvou kategorií. Můžou se objevit na živém stromu, kde mohou být dřeňové, mrazové nebo odlupčivé, ale i na pokáceném dřevě jako trhliny výsušné. [17, 18]

Z dalších vad lze zmínit zblíhavost, která představuje postupné zmenšování průměru kmene. Křivost se objevuje u všech dřevin a představuje zkřivení celého kmene. Nádory jsou výčnělky na kmeni kulatého nebo oválného tvaru. [17, 18]

Za vady dřeva se považuje mnoho dalších poškození. U vad způsobených poraněním kmene jsou to například odřeniny kůry, různé odseky a záseky a mnoho dalších.

Zamodráání dřeva je další vadou, kterou způsobují dřevo zabarvující houby. Tyto houby zabarvují především čerstvě odumřelé dřevo. Napadené dřevo má šedomodrou barvu běle. [16, 17, 31]

Výskyt tlakového dřeva neboli křemenitost nám udává, o kolik se zvýšil podíl letního dřeva u letokruhů a posléze se projevuje změnou barvy dřeva. [17, 18, 31, 32]

4. Vlhkost dřeva

Vlhkost dřeva udává poměr mezi hmotností vody k hmotnosti dřeva, buď suchého, nebo mokrého. Vlhkost označujeme symbolem w a uvádíme ji bez jednotky, nebo po vynásobení stem v procentech. [19]

4.1. Voda ve dřevě

Vodu dělíme podle lokalizace ve struktuře dřeva na [9]:

- **Vodu v chemických sloučeninách** – kterou nelze vysušit a lze ji odstranit pouze chemickým rozkladem. Nemá zásadní vliv na vlastnosti dřeva.
- **Vodu vázanou** – která je vázaná vodíkovými můstky v buněčných stěnách a má dominantní vliv na vlhkostní objemové změny.
- **Vodu volnou neboli kapilární** – která je lokalizována v buněčných dutinách, kde vyplňuje prázdné prostory. Nemá tak významný vliv na objemové změny jako voda vázaná nebo voda v chemických sloučeninách.

Hranice mezi vodou vázanou a volnou je dána **bodem nasycení** buněčných stěn (MNBS) nebo **mezi hygroskopicity** (MH). Tyto dvě veličiny jsou přibližně stejné (cca 30 %) a to v případě, kdy je teplota okolo 20 °C. V ostatních případech s rostoucí teplotou se mez hygroskopicity snižuje. [19, 32]

Rozdíl mezi MNBS a MH je dán skupenstvím, ve kterém se voda nachází ve struktuře dřeva. U MNBS se vyskytuje voda ve stavu kapalném u MH ve skupenství plynném. [19, 32]

4.2. Relativní a absolutní vlhkost

Relativní vlhkost dřeva rozumíme podíl mezi hmotností vody a hmotností mokrého dřeva uvedený ve vztahu (2). Tato vlhkost nikdy nedosáhne 100 %. [19]

Absolutní vlhkost dřeva nám naopak udává podíl mezi hmotností vody a hmotností absolutně suchého dřeva uvedený ve vztahu (1). U této vlhkosti mohou hodnoty překročit 100 %. [19]

$$w_{abs} = \frac{m_w - m_0}{m_0} * 100 = \frac{m_v}{m_0} * 100 \quad (1)$$

$$w_{rel} = \frac{m_w - m_0}{m_w} * 100 = \frac{m_v}{m_w} * 100 \quad (2)$$

Tyto dvě vlhkosti lze mezi sebou přepočítávat pomocí dvou rovnic (3 a 4). [19]

$$w_{rel} = \frac{100 \cdot w_{abs}}{100 + w_{abs}} \quad (3)$$

$$w_{abs} = \frac{100 \cdot w_{rel}}{100 + w_{rel}} \quad (4)$$

Vlhkost dřeva může nabývat značně rozdílných hodnot, v závislosti na fázi jeho zpracování (viz Tab. 2). [19, 32]

Tab. 2 - Hodnoty vlhkosti dřeva [19]

DŘEVO	UMÍSTĚNÍ	VLHKOST
Dřevo mokré	Dlouhodobě uložené ve vodě	$w > 100 \%$
Dřevo čerstvě pokáceného stromu	-	$w = 50-100 \%$
Dřevo sušené	Dlouhodobě na vzduchu v normálních podmínkách	$w = 15-22 \%$
Dřevo sušené	V sušárně na interiérovou teplotu	$w = 8-15 \%$
Dřevo absolutně suché	V sušárně	$w = 0 \%$

4.3. Důsledky změn vlhkosti dřeva

Mezi nevýznamnější změny způsobené kolísáním vlhkosti patří změny rozměrů a objemu dřeva.

Borcení je změna tvaru dřeva, při které může také docházet k tvorbě trhlin. Dělíme ho na příčné a podélné. Na obrázku 5 je ukázáno borcení a sesychání dřeva v závislosti na různých směrech a umístění v kmeni. [16] [19]



Obr. 5 – Borcení dřeva [16]

Bobtnání nám udává schopnost dřeva měnit své rozměry, plochu a objem v závislosti na množství přijímané vody. [5, 9]

Sesychání je schopnost dřeva měnit své rozměry, plochu a objem při ztrátě vody. Podle koeficientu objemového sesychání lze dřeva rozdělit na dřeva málo sesychavá (olše, vrba, topol, tis), středně sesychavá (jedle, smrk, borovice, dub, jasan) a hodně sesychavá (lípa, bříza, buk, modřín). [16, 31]

Výsušné trhliny vznikají při nerovnoměrném sesychání, kde dochází ke změně vnitřních napětí. Uvnitř dřevo vysychá pomaleji než na povrchu, proto na povrchu vznikají tahová napětí. [16, 31, 32]

K **ustrnutí** dochází u navlhání i u vysychání dřeva a je definováno jako trvalá změna objemu. [31, 32]

Kornatění dřeva je důsledek nestejnoměrného ustrnutí dílčích vrstev. Nastává při rychlém vysychání dřeva, které má vysokou počáteční vlhkost. Nejvýraznější je u podélného řezu. Kornatění lze určit různými druhy zkoušek (viz Obr. 6). [16, 31, 32]



Obr. 6 – Kornatění dřeva, vidličková zkouška [31]

5. Degradace dřeva

Degradací rozumíme znehodnocování dřeva, ke kterému přispívá mnoho činitelů (biologických, fyzikálních i mechanických), a proto je nutné dřevo chránit před poškozením. K degradaci může docházet lokálně nebo na celém prvku a vzniklé poškození má vliv na vlastnosti dřeva. Projevuje se změnami vnějších rozměrů, borcením a vznikem vnitřního napětí apod. [8, 21]

5.1. Biologická degradace

Mezi napadení biologickými vlivy patří poškození bakteriemi, dřevokaznými houbami a hmyzem. Dřevo, které má vlhkost pod 12 % je relativně odolné proti napadení biologickými škůdci. [32]

5.1.1. Bakterie

V porovnání s ostatními organismy nemají bakterie takový vliv na poškození dřeva. Pohybují se mezi buňkami pomocí ztenčenin ve dřevě a napadají pouze celulózu a hemicelulózu. Lignin je proti bakteriím odolný. [21, 32]

Při degradaci bakteriemi dochází zejména ke změně zbarvení dřeva, měknutí povrchu, ale také k mírnému poklesu pevnosti. U dřeva, které je již napadené houbou, mohou přispívat ke korozi dřeva. [21, 32]

5.1.2. Dřevokazné houby

Ke svému působení potřebují určité okolní podmínky, a to vlhkost v rozmezí 18-20 % nebo vyšší a teplotu od 2 do 40 °C. [8]

Houby vytvářejí na dřevě porosty, zabarvují dřevo nebo zapříčiní rozklad dřeva, který označujeme jako hniloba. Poškození houbami má za následek změnu stavby dřeva, chemického složení a vlastností dřeva. Významně je ovlivněna hustota a houževnatost dřeva. [21, 23]

Dřevokazné houby můžeme dělit několika způsoby, ale nejčastější je dělení podle toho jakou část dřeva napadají [21, 23, 32]:

1. **Celulózovorní houby** – způsobují poškození hlavně celulózy a hemicelulózy, a tím vytvářejí tzv. hnědou hnilobu. Dochází k postupné ztrátě pevnosti až ke konečnému rozpadu dřeva na prach. Mohou prorůstat i zdivem a jejich likvidace je velice obtížná.
2. **Ligninovorní houby** – napadají především lignin, ale i v menší míře celulózu a hemicelulózu. Způsobují vznik tzv. bílé hniloby. U těchto druhů hub dochází k pomalejšímu rozkladu než u celulózovorních hub.

Houby způsobují totální rozpad dřevní hmoty a velmi rychle se šíří. Odstranit je lze pouze výměnou napadaných částí dřeva. [8]

Mezi zástupce celulózovorních hub patří dřevomorka domácí (viz Obr. 7), koniofora sklepní nebo trámovka plotní. U ligninovorních je zástupcem především václavka obecná, pevník chlupatý (viz Obr. 8) nebo choroše. [21, 23, 32]

Nejrozsáhlejší dřevokaznou houbou je **dřevomorka domácí**. Tato houba je nenáročná a projevuje se bílými až šedobílými povlaky. Nejčastěji ji najdeme v podkroví, sklepech nebo pod podlahou. Napadané dřevo se rozpadá na kousky, při delším působení je typický rozpad až na prach. [21, 23, 32]



Obr. 7 – Dřevomorka domácí [23]



Obr. 8 – Pevník chlupatý [23]

5.1.3. Dřevokazný hmyz

K výskytu hmyzu je zapotřebí teplota nad 10 °C a vlhkost nad 12 % [8].

Dřevokazný hmyz degraduje dřevo tím, že požírá dřevní hmotu a vytváří v ní chodbičky různého tvaru a velikosti. [20]

Dřevokazný hmyz napadá dřevo za účelem získání útulku, potravy a místa pro kladení vajíček. Hmyz přesněji brouk se dělí na dvě stádia vývoje.

Larva, která vytváří chodbičky a žije průměrně 1 rok. **Dospělý brouk** prokusuje povrch dřeva a vylétá ven. Žije až 6 měsíců a během svého života klade vajíčka, tudíž se celý cyklus vždy opakuje. [20]

Pro vývoj hmyzu je důležitý kyslík, na rozdíl od méně potřebného světla.

Hmyz můžeme rozdělit do kategorií podle toho, jaké dřevo napadají a to na hmyz, napadající rostoucí dřevo, či napadající již zpracované dřeviny (nejvýznamnější skupina) nebo hmyz, způsobující degradaci na shnilém dřevě. [8, 20]

Často se po napadení dřeva hmyzem objeví i plísňe a dřevokazné houby.

Mezi nejběžnější dřevokazný hmyz patří **červotoči a tesaříci**.

Červotoč proužkovaný (viz Obr. 9) je charakteristický svým tmavým zbarvením. Tento brouk napadá především jehličnany a je typický, že degraduje pouze trámy na vnitřní straně místnosti. [20, 21, 32]



Obr. 9 – Červotoč proužkovaný [20]

Červotoč umrlčí (viz Obr. 10) je černohnědý a poškozuje hlavně dřevo vystavené mrazu, a to u jehličnatých i listnatých stromů. [20, 21]



Obr. 10 – Červotoč umrlčí [20]

Tesařík krovový (viz Obr. 11) je jeden z největších škůdců dřeva. Napadá zejména jehličnaté stromy, přičemž larvy se prokousávají co nejhlouběji až se napadené dřevo rozpadne. [20, 21]



Obr. 11 – Tesařík krovový [20]

5.2. Atmosférická degradace

Hlavními faktory, které vyvolávají poškození dřeva, jsou sluneční záření, kyslík, teplota, voda a různé nečistoty v ovzduší. [32]

Největší vliv na degradaci má voda a slunce. Zejména změny vlhkosti způsobují bobtnání a sesychání dřeva, což má za následek tvorbu trhlin, které se mohou rozšiřovat a prohlubovat. [32]

Dále může docházet k zabarvení dřeva působením UV záření a kyslíku. Nejdříve dřevo žloutne a později hnědne a nakonec je šedé. UV záření má také vliv na přeměnu ligninu, který lze potom odplavit dešťovou vodou. [32]

Vyšší teplota nijak neovlivňuje pevnostní a přetvárné vlastnosti dřeva, ale má významný dopad na proces zvětrávání dřeva a také urychluje korozi povrchu dřevin.

Vítr a proudící vody způsobují abrazi dřeva, během níž na povrchu zůstávají tvrdé částice dřeva a vzniká tak typický profil. [32]

6. Dřevěné konstrukce

Výhodné vlastnosti dřeva mají za následek značné využití dřeva pro konstrukční účely. Díky jeho snadné opracovatelnosti, dobré životnosti a obnovitelnosti je dřevo vhodný materiál pro výstavbu konstrukcí. Kromě technických kritérií jsou vhodné dřeviny vybírány i na základě estetických parametrů. [6]

Například v dnešní době se rozmohl trend výstavby dřevostaveb a srubů, a to i mimo horské prostředí, kam takové stavby zapadají. [6]

Dřevo je možné použít téměř na všechny typy konstrukcí, ale především se používá pro konstrukce střech, ale také pro vodorovné a svislé konstrukce. [22]

6.1. Hodnocení dřevěných konstrukcí

Při hodnocení existujících dřevěných konstrukcí jde především o posouzení stavu konstrukce z hlediska použitelnosti a únosnosti, a účelu využití v budoucnosti.

Při posuzování objektu je důležité znát rozsah průzkumných prací. [1]

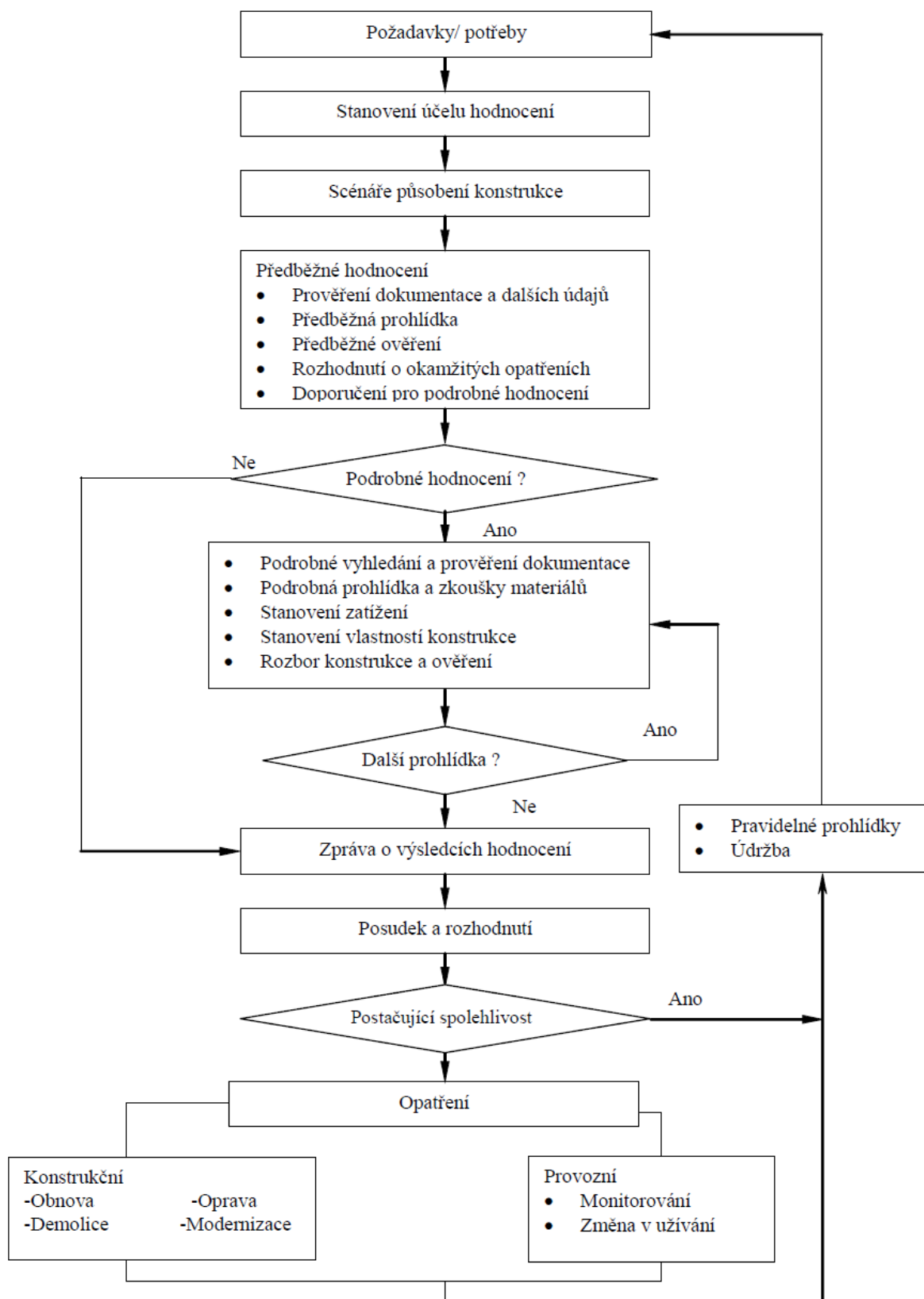
Proto je vhodné si sestavit určitý postup, který nám pomůže při hodnocení konstrukce (viz Obr. 12). [1]

V první řadě je důležité vědět, za jakým účelem chci hodnotit stávající konstrukci. Od této informace se postupuje dál, až k použití různých diagnostických metod a k samotnému vyhodnocení. [1]

Za účelem získání největšího množství potřebných informací ohledně stavu existující konstrukce se provádí stavebně technický průzkum. Tento stavebně technický průzkum lze rozdělit do tří částí, jejichž rozsah je ovlivněn velikostí stavby, časem a především množstvím použitých zkušebních metod. [22, 24]

Stavebně technické průzkum se dělí na [7, 10]:

- předběžný stavebně technický průzkum;
- podrobný stavebně technický průzkum;
- doplňkový stavebně technický průzkum.



Obr. 12 – Vývojový diagram obecného postupu hodnocení existujících konstrukcí [1]

6.2. Předběžný stavebně technický průzkum

Při tomto druhu průzkumu je nejdůležitější shromáždit co nejvíce základních informací o posuzovaném objektu. První takovou informací je zjistit něco z historie objektu, zejména v jakém roce byl postaven, z jakých materiálů a jaká technologie byla použita. Pokud je k dispozici projektová dokumentace nebo stavební deník z průběhu výstavby je potřeba prozkoumat i je. [7]

Do předběžného průzkumu zahrnujeme i vizuální prohlídku konstrukce. Objekt si dobře prohlédneme, prozkoumáme a zhodnotíme jeho vady a poruchy, čímž získáme důležitá kvalitativní data. Dále zaznamenáme sousedící objekty a zjistíme, jaký mají vliv na provoz objektu. [7, 10]

Provede se důkladná fotodokumentace celého objektu, včetně nafocení vad a poruch.

Tuto fázi průzkumu realizujeme, aniž bychom nějakým způsobem narušili provoz a užívání objektu. [22, 24]

6.3. Podrobný stavebně technický průzkum

Podrobný stavebně technický průzkum má za účel podrobněji doplnit informace získané z předběžného průzkumu. Více se specifikují a zaznamenají nalezené vady a poruchy. Aktualizují se různé nesrovnalosti s předběžným průzkumem. [7]

Provedou se potřebná měření za použití destruktivních nebo nedestruktivních metod, při kterých se zhodnotí fyzikální a mechanické vlastnosti použitého materiálu. [22, 24]

Mezi tyto diagnostické metody patří [7]:

- **destruktivní** – odporová vrtačka, pilodyn;
 - U těchto metod dojde k nevratnému poškození zkoušeného prvku;
- **nedestruktivní** – ultrazvukové, rentgenové, vlhkoměry, endoskopy, mikroskopy;
 - Tyto metody nezpůsobují poškození prvku.

V rámci této fáze jsou získána kvantitativní data, která jsou následně použita ve výpočtovém modelu konstrukce nebo pro jiná hodnocení materiálů a konstrukcí.

Podrobný průzkum můžeme provádět za plného nebo omezeného provozu. [22, 24]

6.4. Doplnkový stavebně technický průzkum

Doplnkový stavebně technický průzkum provádíme jen tehdy, když jsou zjištěny nesrovnalosti v předchozích dvou fázích průzkumu, nebo abychom doplnili stávající data. Tento průzkum se provádí i tehdy, pokud je potřeba provést speciální zkušební metody, které nebyly zatím využity. [7]

Lze ho realizovat za úplného, omezeného nebo uzavřeného provozu. [10, 22, 24]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

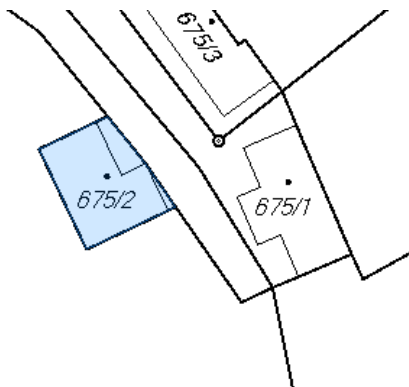
7. Zkoumaný objekt

Posuzovaný objekt je zemědělská budova a nachází se v obci Velké Karlovice ve Zlínském kraji (viz Obr. 13). Jedná se o starý chlív, který byl postaven vedle stejně staré chalupy (viz Obr. 14). [30]



Obr. 13 – Posuzovaný objekt s přilehlou chatou

Oba dva objekty patří mé rodině, tudíž jsem měla přístup všude. I když je posuzovaný objekt velice starý (původní části jsou přes sto let staré), bohužel nemám žádné dochované fotky, dokumentaci nebo podrobné informace o výstavbě.



Obr. 14 – Katastrální mapa objektu [30]

Budova se nachází v podhorském prostředí, které mělo vliv na vzhled objektu.

Jak už bylo řečeno, budova byla kdysi používána jako chlív pro dobytek, proto dnešní stav objektu tomu odpovídá. I přes zjevné stáří jsou původní části ve velice dobrém stavu. Dnes je budova využívána jako úschovna všech nepotřebných věcí, různých strojů, ale také jako sklad dřeva na zimu.

Během let se objekt renovoval a byly přistavěny novější části. Na výstavbu byly použity hlavně stromy z okolního prostředí. Přesněji buk a smrk (viz Obr. 15), díky jejich velkému výskytu v celé obci. Tyto typy stromů se v obci používali k výstavbě nejčastěji. [37]



Obr. 15 – Zalesnění okolo objektu

Objekt je umístěný v mírném svahu. Změny v sedání jednotlivých stran objektu jsem nezaznamenala. Budova je obdélníkového tvaru a je rozdělena na čtyři samostatné místnosti (viz Výkres 01).

Spodní část stavby (sokl) je viditelná jen na některých místech a je tvořená na sebe ukládanými kameny, které mají různý tvar i velikost. Nosný systém je zde stěnový. Všechny stěny v objektu jsou roubené. Střecha je původní sedlová, ale přibližně před třiceti lety na ni byli umístěny asfaltové pásy. Na střeše se nachází vikýř (viz Obr. 16). Pouze z jedné místnosti je vstup do podkroví, kde se nachází hambalkový krov.



Obr. 16 – Víkýř na střeše s asfaltovými pásy

8. Stavebně technický průzkum objektu

Prvotní věc, kterou je nutné v rámci průzkumu udělat, je určit účel hodnocení konstrukce. V tomto případě je to hlavně problematika vlhkosti stavby. Postup prací probíhal dle ČSN EN ISO 13822, kdy v předběžné fázi jsme provedla prohlídku objektu, nafotila jsem konstrukci a kritická místa a zhodnotila současný stav, v podrobné fázi poté proběhlo samotné měření vlhkosti. [1, 28, 29]

8.1. Předběžný stavebně technický průzkum

U tohoto typu průzkumu je nejprve vhodné shromáždit důležité informace, které získáme z projektové dokumentace, různých fotek během výstavby apod. Jelikož mnou posuzovaný objekt je velice starý, jak už bylo řečeno, žádné dokumenty se nedochovaly nebo nebyly vůbec vytvořeny. [29]

O vývoji v užívání objektu vím jen to, co mi řekli uživatelé objektu, tedy moje rodina. Objekt byl postaven jako chlévy pro dobytek a sklady pro úschovu sena a dřeva. V jedné místnosti se dokonce zvířata porážela. V průběhu let se dřívější chlév změnil pouze na úschovnu dřeva a nepotřebných věcí. Toto využití objektu zůstalo dodnes.

Budova není napojena na ostatní stavby. Je to samostatně stojící objekt, který byl původně obdélníkového tvaru a měl pouze 3 místnosti a podkroví. Před cca 40 lety byla k objektu přistavena ještě jedna místnost tzv. pilárka (viz Výkres 01), která slouží ke zpracování dovezeného dřeva.

Do objektu byla s postupem času zapojena elektřina, aby bylo možno objekt osvětlit a zapojit různé elektrické nářadí.

8.1.1. Popis současného stavu objektu

Dalším krokem předběžného stavebně technického průzkumu je provedení předběžné vizuální prohlídky a zhodnocení v jakém stavu se objekt nachází. Při prohlídce nad vstupem byl nalezen letopočet s posledním dvojčíslem 94, a jelikož je objekt starý přes sto let, je pravděpodobné, že se jedná o rok výstavby 1894 (viz Obr. 17).



Obr. 17 – Datování objektu

Stavba se nachází ve svahu, jehož sklon je cca 9°. Objekt je zčásti umístěn přímo na zemině a v jednom rohu, z důvodu sklonu, je objekt uložen na kamenném kvádru (viz Obr. 18).



Obr. 18 – Uložení objektu na kamenném kvádru

Objekt je postaven hlavně z bukového a smrkového dřeva z okolních lesů, ale najdeme zde také pálené cihly nebo kámen použitý na sokl. Vzhledem ke struktuře kamene se pravděpodobně jedná o usazenou horninu.

Ostře pálené cihly jsou lokálně použity i pod dřevěnými konstrukčními prvky, a tím alespoň částečně zabraňují vztlínání vlhkosti (viz Obr. 19).



Obr. 19 – Použití pálené cihly

Dřevo i přes jeho staří je převážně ve velmi dobrém stavu. Určitý podíl na to má i ošetřování dřeva. Kdysi se používali různé nátěry na dřevo ve formě olejů nebo dokonce volské krve, která zabraňovala napadení dřeva dřevokaznými škůdci.

Na stavbu bylo použito dřevo tesané, ale i řezané, dále také dřevo hraněné, ale i kulatiny. Taktéž můžeme najít dřevo odkorněné, ale i s ponechanou kůrou.

V budově je umístěno celkem 7 oken, které nejsou konstrukčně provedeny správně, a tím pádem netěsní, což zvyšuje vlhkost v objektu. Obdobný problém je taktéž u dveří.

Objekt je zastřešen hambalkovým krovem, na kterém je uložena sedlová střecha, jež byla před 30 – ti lety pokryta asfaltovými pásy. Na krytině jsou patrné biologické povlaky, pravděpodobně mechové (viz Obr. 20).



Obr. 20 – Mechové povlaky na krytině

Štíty jsou degradované působením povětrnostních vlivů, zejména působením silných hnaných dešťů a sněžení. Voda stéká ze střechy jen z části do okapů, které jsou umístěny pouze na západní straně objektu. Okapy se na zimu sundávají, aby nedošlo k jejich zničení vlivem měnících se teplot a vlhkosti, což působení degradačních faktorů může ještě prohloubit.

Podlaha v interiéru je ve většině případů především z borovicového dřeva, hlavně v místnosti A (viz Výkres 01). Lze nalézt i dřevo bukové. Vlhkost je zde relativně velká, protože podlaha je uložena přímo na zemině. U spodní části stavby lze předpokládat i výskyt značného zasolení, jelikož byl tento objekt původně určen k zemědělským účelům.

Na částech objektu, zejména těch, kde byly zvířata, můžeme nalézt zbytky vápenných nátěrů.

Během užívání byly taktéž některé dřevěné části nevratně odstraněny, což dokumentují jen výjimečně prázdné kapsy po trámech, chybějící podpěry apod.

Na mém objektu je vidět, jak se dřevo vlivem dlouhodobého zatížení deformuje, proto byly určité části podepřeny (viz Obr. 21). Podpory nejsou provedeny konstrukčně správně, ale účel prozatím plní.



Obr. 21 - Provizorní podpory

Vlivem povětrnostních vlivů – působením UV záření, vlhkosti a teploty dochází k typické povrchové degradaci dřeva, která je způsobena vymýváním ligninu ze dřeva (viz Obr. 22).



Obr. 22 – Povrchová degradace dřeva

Konstrukčně jsou některé trámy řešené také jako zdvojené, což má zajistit jejich lepší únosnost (viz Obr. 23).



Obr. 23 – Zdvojení trámu

Při prohlídce mého objektu jsem našla několik vad a poruch, které jsou zakresleny a vyznačeny ve výkresu 02 a 04. Dřevěné dveře do objektu byly opatřeny kovovými hřebíky pro lepší zajištění stability. Tyto hřebíky s postupem času a vlivem působení zvýšené vlhkosti zkorodovaly a obarvily okolní dřevo (viz Obr. 24).



Obr. 24 – Zkorodované kovové hřebíky ve dveřích

Na objektu lze nalézt i jiné zkorodované části, například držáky na okap, zámky na dveřích. Zkorodován je i uskladněný nábytek.

Dalším problémem je mechanické opotřebení vlivem užívání. Některé části jsou již zcela zničené, lokálně byly degradované prvky odebrány a v konstrukci chybí. Podlaha, přilehající k zemině, je taktéž degradovaná. Některé poškozené části byly opraveny, ale ve většině případů je objekt ponechán bez jakýchkoliv zásahů.

Biologické povlaky se na objektu vyskytují hlavně z venkovní strany. Na štítu střechy a přilehlých asfaltových pásích se objevily pravděpodobně mechové porosty vlivem zvýšené vlhkosti, ale také dalších příznivých podmínek (viz Obr. 25).



Obr. 25 – Asfaltové pásy střechy s porosty

Silikátové materiály (cihly a kámen), které jsou ve styku se zeminou, jsou taktéž pokryty biologickými povlaky.

Některé trámy, ale i stěny a podlaha jsou z důvodu svého stáří a působícího prostředí částečně ztrouchnivělé. Pro zachování nosné funkce jsou ve většině případů z důvodu bezpečnosti podepřené a s jejich výměnou se prozatím nepočítá. Výskyt dřevokazných hub nebyl potvrzen.

K biologické degradaci lze řadit i napadení dřeva dřevokazným hmyzem. Na objektu byly nalezeny výletové otvory pravděpodobně tesaříka krovového (viz Obr. 26), ale i červotoče proužkovaného. Na neodkorněném dřevě byly taktéž nalezeny pozůstatky působení lýkožrouta smrkového.



Obr. 26 – Napadení dřeva dřevokazným hmyzem

Štíty střechy jsou degradované vlivem působení povětrnostních vlivů (viz Obr. 27).



Obr. 27 – Poškozené štíty objektu

8.1.2. Určení použitých dřevin v konstrukci

Použité dřeviny jsem určovala na základě výskytu dřevin v okolí stavby, ale hlavně podle metodiky pro určování dřevin. [38]

Klíčová byla zejména prohlídka okolí stavby, během níž jsem navštívila blízký les a podívala jsem se na stromy, které zde rostou. Jednalo se zejména o buky a smrky, ale také nějaké břízy a menší keře. [36]

Na základě zdrojů poskytnutých obcí Velké Karlovice a o historii výstavby budov jsem zjistila, že ke stavbě domů a ostatních budov používali hlavně bukové a smrkové dřevo. To mi potvrdilo mé předchozí závěry. [37]

Pro jejich definitivní potvrzení jsem však použila již zmiňovaný klíč [38] k určení dřevin. Díky tomuto postupu jsem definitivně určila, z jakých dřevin je můj objekt postaven. Z exteriéru a i interiéru je to hlavně kombinace buku a smrku.

8.2. Podrobný stavebně technický průzkum

Během tohoto průzkumu jsou pro podrobnější zhodnocení konstrukce použité zkušební metody, které nám pomohou kvantifikovat nalezené vady a poruchy. Provedená měření je možno provádět destruktivními i nedestruktivními postupy.

Prováděla jsem hlavně měření pro stanovení vlhkosti materiálů. Použila jsem různé metody a měřicí přístroje, které jsou podrobněji popsány v kapitolách níže. [28]

Použité metody [33, 40]:

- kapacitní metoda – nedestruktivní;
- odporová elektrická metoda;
- gravimetrická (váhová) metoda;
- metoda s využitím přístroje pilodyn.

8.3. Metody pro stanovení vlhkosti ve dřevě

8.3.1. Stanovení váhovou metodou

Ke stanovení vlhkosti trámů z mého objektu jsem použila váhovou metodu, která sloužila jako metoda referenční pro porovnání výsledků nedestruktivních metod.

Při postupu určování vlhkosti jsem postupovala dle normy ČSN EN 13183-1 Vlhkost vzorku řeziva – Část 1: Stanovení váhovou metodou.

Postup nebyl úplně dodržen, z důvodu nemožnosti vyříznout vzorek podle pokynů a z důvodu použití méně přesné váhy. [2]

Upravený zkušební postup je následující [2]:

1. Vyříznutí těles (viz Obr. 28) z trámů o určitých rozměrech (viz Tab. 3).



Obr. 28 – Zkušební vzorek T1 odebraný z trámu

Tab. 3 - Vlastnosti zkoušených vzorků

OZNAČENÍ VZORKU		DÉLKA [cm]	ŠÍŘKA [cm]	VÝŠKA [cm]
PROSINEC	T1	18,50	1,1	2,3
	T2	10,6	1,2	2,4
	T3	17,3	1,4	2,9
	T4	20,2	1,1	2,4
	T5	13,2	1,0	2,0
DUBEN	T1 _D	12,0	2,0	1,8
	T2 _D	16,1	3,4	1,5
	T3 _D	18,8	1,6	0,4
	T4 _D	12,7	2,1	0,5
	T5 _D	17,6	1,6	0,8
	T6 _D	21,5	2,6	1,9

2. Po vyříznutí se tělesa umístila do nepropustného obalu a po transportu do laboratoře se hned zvážila (viz Příloha 2).
3. Vyříznutá a zvážená tělesa se vloží do sušárny s teplotou 103 ± 2 °C.

4. Tělesa se sušila do rovnovážné vlhkosti, poté byla vytáhnutá a ihned zvážena (viz Příloha 2).
5. S takto získanými hodnotami lze vypočítat vlhkost vzorků w podle (5) [2].

$$w = \frac{m_1 - m_0}{m_0} * 100 [\%] \quad (5)$$

, kde:

m_1 ... hmotnost zkušebního tělesa před sušením [g];

m_0 ... hmotnost vysušeného zkušebního tělesa [g].

6. Vypočítané výsledky podle vzorce (5) jsou zapsány v příloze 2. Výsledky jsou zaokrouhleny s přesností na 0,1 %.

Jednotlivé místa odběru jsou zakreslena a vyznačena (viz Výkres 03 a 06).

Váhovou metodou jsem stanovila vlhkost odebraných těles z jednotlivých trámů objektu. Vzorky byly odebrané v zimě a na jaře, tudíž jsem jednotlivé výsledky porovnávala a vyhodnotila do grafu (viz Kap. 8.5.).

8.3.2. Stanovení elektrickou odporovou metodou

Jako další možnost při stanovování vlhkosti jsem použila elektrický odporový vlhkoměr vypůjčený ze školních laboratoří (viz Obr. 29), který se řadí mezi nedestruktivní metody.



Obr. 29 – Hrotový odporový elektrický vlhkoměr [33]

Tento druh vlhkoměru má izolované elektrody a měl by být nastavitelný pro různé druhy dřevin. Při stanovení vlhkosti jsem postupovala podle návodu, který byl u přístroje, ale hlavně podle normy ČSN EN 13183 – 2 Vlhkost vzorku řeziva – Část 2: Odhad elektrickou odporovou metodou. [3]

Zkušební postup:

1. Zkontrolovat, zdali je vlhkoměr funkční.
2. Poté vlhkoměr zapíchnout do dřeva do hloubky aspoň 2 mm.
3. Na displeji vlhkoměru se objeví naměřená vlhkost, která se v závislosti na druhu dřeva mění.

Všechny naměřené hodnoty jsou zaznamenány v tabulce, která je v příloze 3.

Jednotlivé vpichy provedené v zimě a na jaře jsou podrobně zapsány a zakresleny ve výkresu 03 a 06.

8.3.3. Stanovení kapacitní metodou

Jako poslední metodu pro stanovení vlhkosti dřevěných prvků na mém objektu jsem zvolila kapacitní metodu. Tato metoda je nedestruktivní a nijak složitá.

Postupovala jsem podle normy ČSN EN 13183 – 3 Vlhkost vzorku řeziva – Část 3: Odhad kapacitní metodou. U této metody se pracuje s ručním kapacitním vlhkoměrem, který má rovnou plochu (viz Obr. 30). [4]

Důležité je, aby byl používaný přístroj před měřením kalibrovaný a při samotném měření byla dobře nastavena hustota měřené dřeviny, což znamená nutnost přesněji vědět, jaký druh dřeva právě měříme. [4, 41]



Obr. 30 – Kapacitní vlhkoměr [41]

Postup měření [4]:

1. Je potřeba nastavit přístroj na požadovanou hustotu dřeva a nastavit ho na měřenou tloušťku – oblast. Na mém objektu měřím zejména dva druhy dřevin – buk lesní a smrk ztepilý, proto hustotu měním z d. 65 pro buk a d. 45 pro smrk.

2. Připravíme měřenou plochu dřeva. Najdeme místo bez suků, kůry a dalších vad, protože by mohly ovlivnit naměřené hodnoty. Povrch by měl být čistý, suchý a bez trhlín.
3. Přístroj přiložíme k ploše tak, aby nevznikla žádná zbytečná mezera a plochy na sebe doléhaly. Je důležité dávat pozor na to, jakým způsobem přístroj držíme. Špatné držení by ovlivnilo výsledky. Nastavíme oblast okruhu měření na 10 mm a poté na stejném místě přepneme do oblasti měření 25 mm.
4. Na displeji vlhkoměru se nám objeví požadované výsledky, které jsou uvedené v příloze 4.

Všechny naměřené hodnoty jsou dobře popsány a zakresleny ve výkresu 03 a 06, ve kterém jsou jednotlivá místa měření zaznačeny barevně pro jednotlivé metody.

8.4. Stanovení hustoty dřeva

Hustotu dřevní hmoty ovlivňuje zejména chemické složení. Je dána průměrnou hodnotou, která je $1\,530\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a je pro všechny dřeviny stejná.

Hustota dřeva se liší v závislosti na druhu použité dřeviny. U poškozeného dřeva je hustota zpravidla nižší. [25, 26]

8.4.1. Laboratorní stanovení hustoty

Hustota se zjišťuje při různých stavech vlhkosti dřeva. V mém případě počítám s nulovou vlhkostí dřeva, jelikož jsem vzorky změřila a zvážila ihned po vytáhnutí ze sušárny. Tato hodnota je výhodná z hlediska objektivity při porovnání různých měřících míst. [25]

V tabulkách se uvádí hustota pro buk $620 - 720\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a pro smrk $440 - 470\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. [26]

Zkušební postup pro výpočet hustoty dřeva:

1. Po vytáhnutí dřeva ze sušárny si všechny zkoušené vzorky zvážíme a pečlivě změříme (viz Tab. 4).

Tab. 4 - Parametry zkoušených těles pro výpočet hustoty

OZNAČENÍ VZORKU		HMOTNOST [kg]	ROZMĚRY [m]	OBJEM TĚLES [m ³]
PROSINEC	T1	0,01229	0,179 x 0,008 x 0,0195	2,7924*10 ⁻⁵
	T2	0,00741	0,101 x 0,0094 x 0,0199	1,8893*10 ⁻⁵
	T3	0,01988	0,168 x 0,010 x 0,022	3,696*10 ⁻⁵
	T4	0,01541	0,197 x 0,0079 x 0,0206	3,2059*10 ⁻⁵
	T5	0,01006	0,1273 x 0,007 x 0,0181	1,6129*10 ⁻⁵
DUBEN	T1	0,00774	0,116 x 0,018 x 0,0157	3,2782*10 ⁻⁵
	T2	0,00796	0,156 x 0,028 x 0,0113	4,9358*10 ⁻⁵
	T3	0,00576	0,188 x 0,016 x 0,004	1,2032*10 ⁻⁵
	T4	0,00590	0,127 x 0,021 x 0,005	1,3335*10 ⁻⁵
	T5	0,00589	0,176 x 0,016 x 0,008	2,2528*10 ⁻⁵
	T6	0,01065	0,197 x 0,022 x 0,013	5,6342*10 ⁻⁵

2. Ze změřených rozměrů si vypočítáme objem posuzovaných vzorků (viz Tab. 4).
3. Pak už jenom dosadíme vypočítané a naměřené hodnoty do vzorce (6) pro výpočet hustoty dřeva ρ_0 . [25, 32]

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0} \quad (6)$$

, kde m_0 ... hmotnost suchého vzorku dřeva [kg];
 V_0 ... objem suchého vzorku dřeva [m³].

Všechny vypočítané výsledky hustoty dřeva jsou zapsány do tabulky v příloze 5, kde jsou také porovnané s charakteristickými hodnotami pro jednotlivé druhy dřevin.

8.4.2. Měření s přístrojem Pilodyn

Použití přístroje Pilodyn 6J (viz Obr. 31) patří mezi destruktivní metody pro zkoušení dřevěných konstrukcí. Jedná se o jednoduché zařízení, které měří hloubku průniku trnu do zkoušeného dřeva při síle 6 J. Trn má průměr 2,5 mm a maximální hloubka zabodnutí je 40 mm. [33, 40]



Obr. 31 – Pilodyn [40]

Tento přístroj je vhodný ke zjištění hustoty dřeva v závislosti na vlhkosti během měření a na hloubce průniku trnu. Práce s ním je velice jednoduchá, stejně tak i manipulace s ním, díky jeho lehké hmotnosti. [33, 40]

Pilodyn může také sloužit k určení povrchových vlastností dřeva, případně k určení pevnosti.

Zkušební postup měření [33]:

1. Aktivace probíhá vmáčknutím rázového trnu do hlavní části – těla přístroje pomocí duté tyčky, která je speciálně zakončena.
2. Přístroj se přiloží ke dřevu pod správným úhlem, aby bylo zajištěno správné zabodnutí trnu.
3. Po vystřelení se ze stupnice přečte dosažená hloubka průniku. Tuto hloubku ovlivňuje druh a vlhkost dřeva.
4. Poté se zabodnutý trn opatrně vytáhne, aby nedošlo k jeho zlomení.
5. Zkušební postup se opakuje na dalším místě.

Zkušební postup pro výpočet hustoty:

1. V místě měření se zjistí pomocí vlhkoměru vlhkost zkoušeného prvku.
2. Zjištěné vlhkosti se přepočítají podle vzorce (7), aby se zajistilo počítání hustoty při vlhkosti 12 %. [27]

$$\Delta w = w - 12 \quad (7)$$

, kde Δw ... rozdíl vlhkostí [%];
 w ... vlhkost dřeva v době měření [%].

3. Dále se provede měření hloubky průniku trnu pomocí Pilodyn a opět se tyto hodnoty přepočítají podle vzorce (8). [27]

$$t_{p,12} = t_p (1 - 0,007 * \Delta w) \quad (8)$$

, kde Δw ... rozdíl vlhkostí [%];
 t_p ... hloubka vniku trnu do dřeva o známé vlhkosti [mm];
 $t_{p,12}$... hloubka vniku trnu do dřeva o vlhkosti 12 % [mm].

4. Takto vypočítané hodnoty se dosadí do vzorce (9) pro výpočet výsledné hustoty dřeva. [27]

$$\rho_{12} = -0,027102 * t_{p,12} + 0,727987 \quad (9)$$

, kde $t_{p,12}$... hloubka vniku trnu do dřeva o vlhkosti 12 % [mm];
 ρ_{12} ... hustota dřeva při vlhkosti 12 % [g/cm³].

Všechny místa měření přístrojem Pilodyn jsou zaznamenány ve výkresu 03 a 06 a výsledné hustoty včetně vypočítaných mezi – hodnot jsou zapsány v tabulce v příloze 6.

8.5. Zhodnocení výsledků

Měření pro jednotlivé metody jsem prováděla v zimě a na jaře. Výjimkou je kapacitní metoda, u které jsem špatně v zimě nastavila přístroj, a naměřené vlhkosti byly nesmyslné. Tudíž u této metody jsem měření provedla v březnu a v dubnu.

V této kapitole zejména graficky porovnávám jednotlivé výsledky u daných metod a pak i metody mezi sebou v závislosti na měsíci, ve kterém bylo měření provedeno. Obecně lze však konstatovat, že ve všech případech byla vlhkost měřených dřevěných prvků zvýšená a dosahovala hodnot nad 12 %.

8.5.1. Váhová metoda

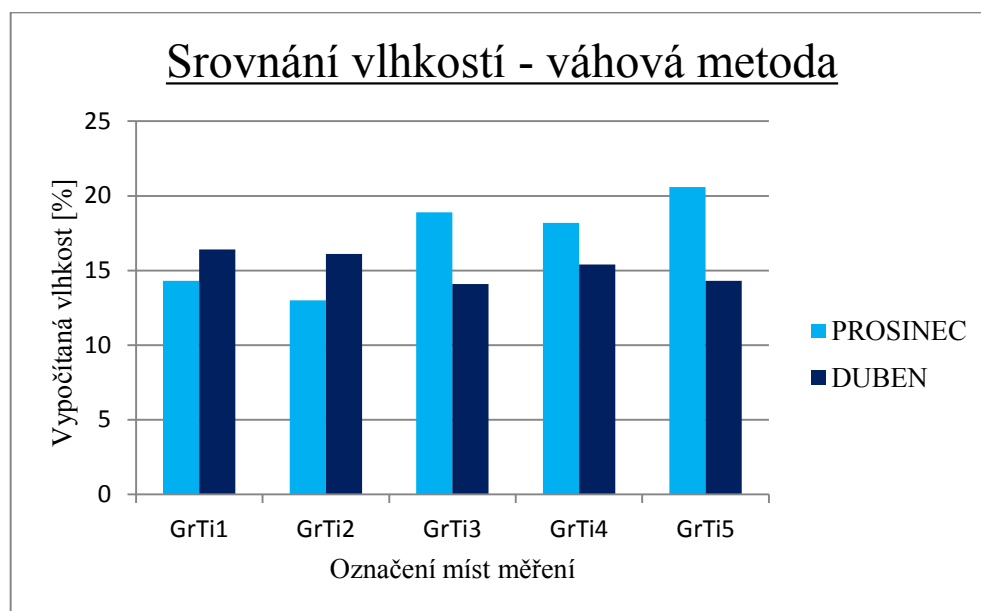
Tuto metodu jsem brala jako referenční a pravděpodobně tu nepřesnější. Vypočítané vlhkosti se pohybují v rozmezí od 13 % do 21 %.

Nezaznamenala jsem nějaký větší výkyv vlhkosti vlivem změny ročního období. Všechny vlhkosti dosahovaly přibližně stejných hodnot uvedených v tabulce 5 a obrázku 32, konkrétně průměrně 17 % pro měření v prosinci a 15,3 % pro měření v dubnu.

Vzorky byly odebrány hlavně z trámů, ale pro zajímavost jsem v dubnu odebrala vzorek i z podlahy, abych zjistila vlhkost použité borovice. Tato vlhkost není v grafu obsažena, její hodnota je 19,8 %. Všechny odebrané vzorky pocházely z povrchu konstrukčních prvků.

Tab. 5 - Výsledné vlhkosti váhové metody

OZNAČENÍ VZORKŮ		VÝSLEDNÁ VLHKOST [%]
PROSINEC	GrTi1	14,3
	GrTi2	13,0
	GrTi3	18,9
	GrTi4	18,2
	GrTi5	20,6
DUBEN	GrTi1	16,4
	GrTi2	16,1
	GrTi3	14,1
	GrTi4	15,4
	GrTi5	14,3
	GrPi1	19,7



Obr. 32 - Vlhkost stanovená váhovou metodou

Veškeré data a výpočty u gravimetrické metody jsou uvedeny v příloze 2.

8.5.2. Odporová metoda

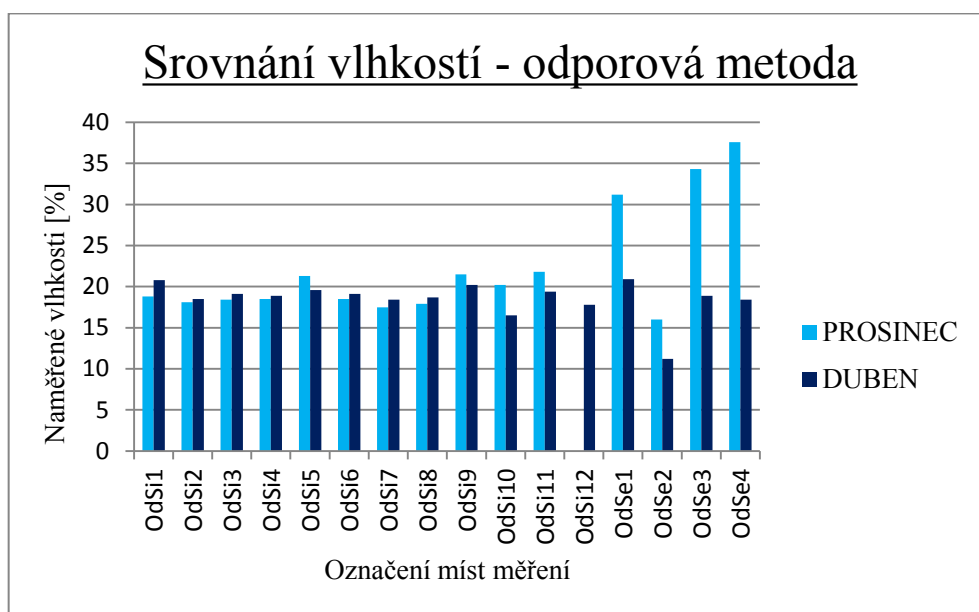
U této metody bylo provedeno měření na více místech, z důvodu nedestruktivity měření a potřeby porovnat výsledky z různých míst a v závislosti na změně ročního období.

Měření bylo provedeno na stěnách, trámech i na podlaze (viz Tab. 6) a stanovována byla vlhkost na povrchu konstrukčních prvků. Stěny byly měřeny z interiéru i exteriéru, v prosinci a dubnu (viz Obr. 33), na rozdíl od trámů a podlah, které byly změřené pouze v dubnu (viz Obr. 34).

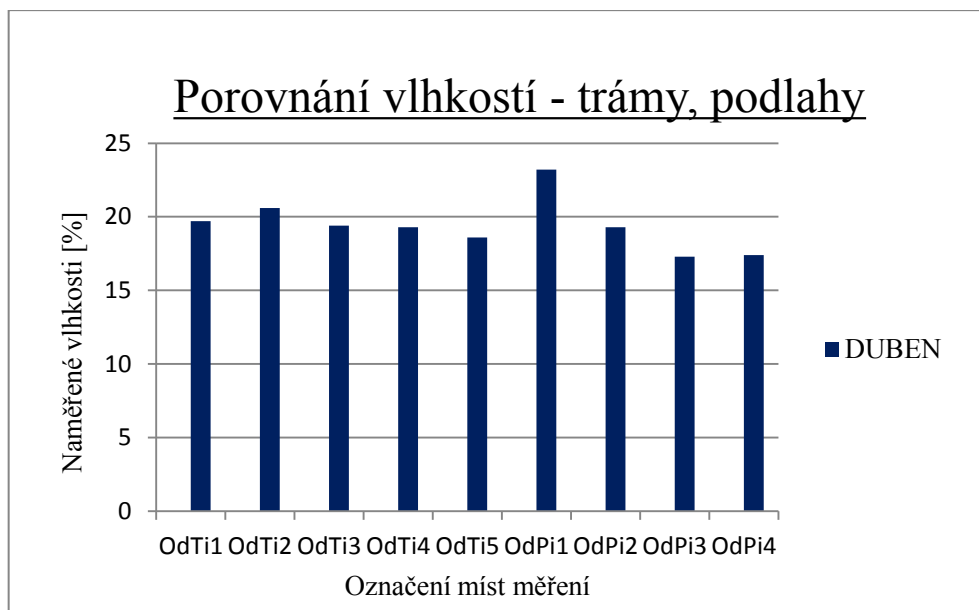
Odlišných výsledků dosahují tři naměřené hodnoty vlhkosti v exteriéru v prosinci, pravděpodobně z důvodu výskytu sněhu a nízkých teplot v době měření.

Tab. 6 - Průměrné hodnoty vlhkostí – odporová metoda

VZOREK		PRŮMĚRNÁ VLHKOST [%]
PROSINEC	Stěny - interiér	19,3
	Stěny - exteriér	29,8
DUBEN	Stěny - interiér	18,9
	Stěny - exteriér	17,4
	Trámy - interiér	19,5
	Podlahy - interiér	19,3



Obr. 33 - Vlhkost stanovená odporovou metodou – Stěny



Obr. 34 - Vlhkost stanovená odporovou metodou – Trámy, podlahy

8.5.3. Kapacitní metoda

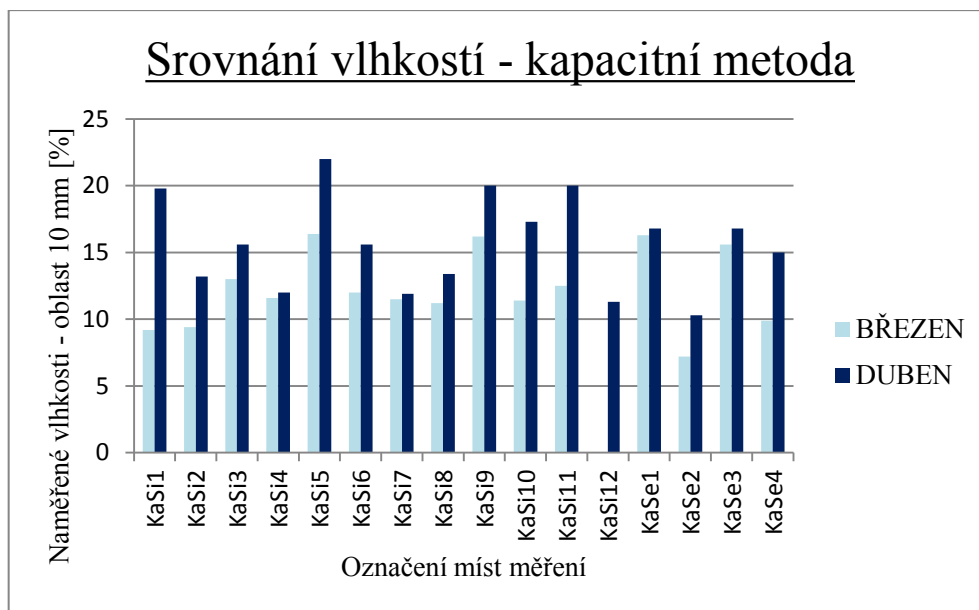
Měření probíhalo obdobně jako u předchozích metod, jenom s tím rozdílem, že měření probíhalo pouze v březnu a dubnu (viz Tab. 7).

V tomto případě je možné vlhkost stanovovat do určité vzdálenosti od povrchu, konkrétně 10 mm a 25 mm. Měření s oblastí 10 mm stanovuje především povrchovou kondenzaci nebo lokální vlhkost zkoušeného dřeva. Na rozdíl od oblasti měření 25 mm, kde se identifikuje vlhkost více do hloubky a do stran zkoušeného prvku.

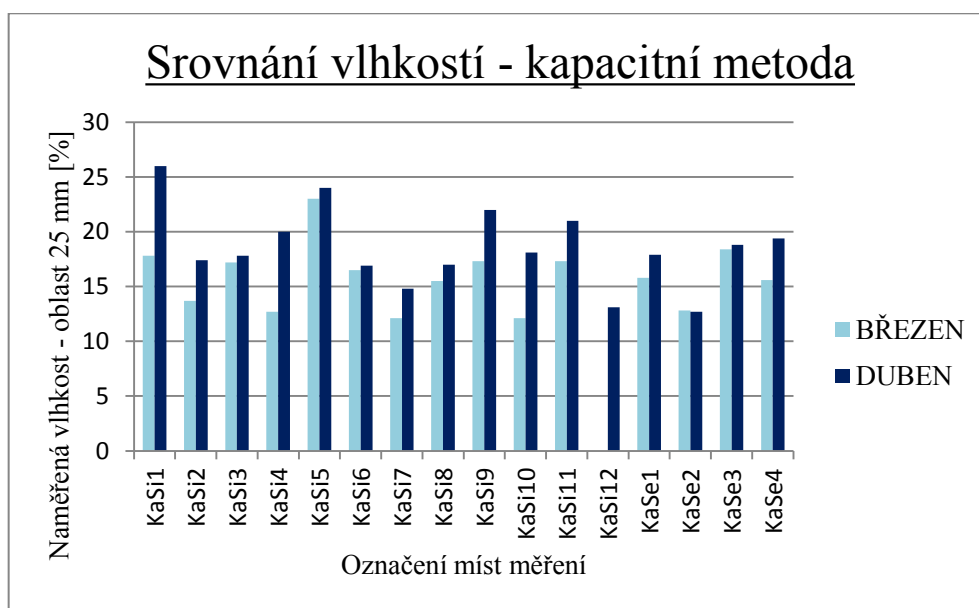
Opět u naměřených vlhkostí nelze nalézt značné výkyvy, vše se pohybuje ve stejném rozmezí (viz Obr. 35, 36), až na jednu interiérovou hodnotu naměřenou v dubnu, která převyšuje vlhkost 20 % (viz Obr. 35), pravděpodobně z důvodu měření blíže k zemině.

Tab. 7 - Průměrné hodnoty vlhkostí – kapacitní metoda

VZOREK		PRŮMĚRNÁ VLHKOST 10 mm (25 mm) [%]
BŘEZEN	Stěny - interiér	12,2 (16,0)
	Stěny - exteriér	12,3 (15,7)
DUBEN	Stěny - interiér	16,0 (19,0)
	Stěny - exteriér	14,7 (17,2)
	Trámy - interiér	15,1 (19,4)
	Podlahy - interiér	13,6 (20,3)

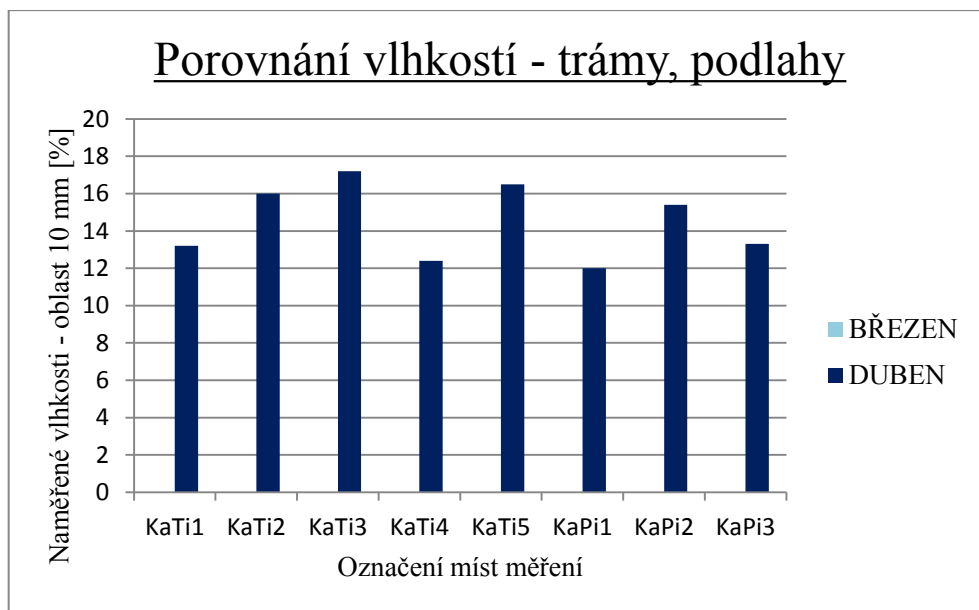


Obr. 35 - Vlhkost stanovená kapacitní metodou – Stěny – 10 mm



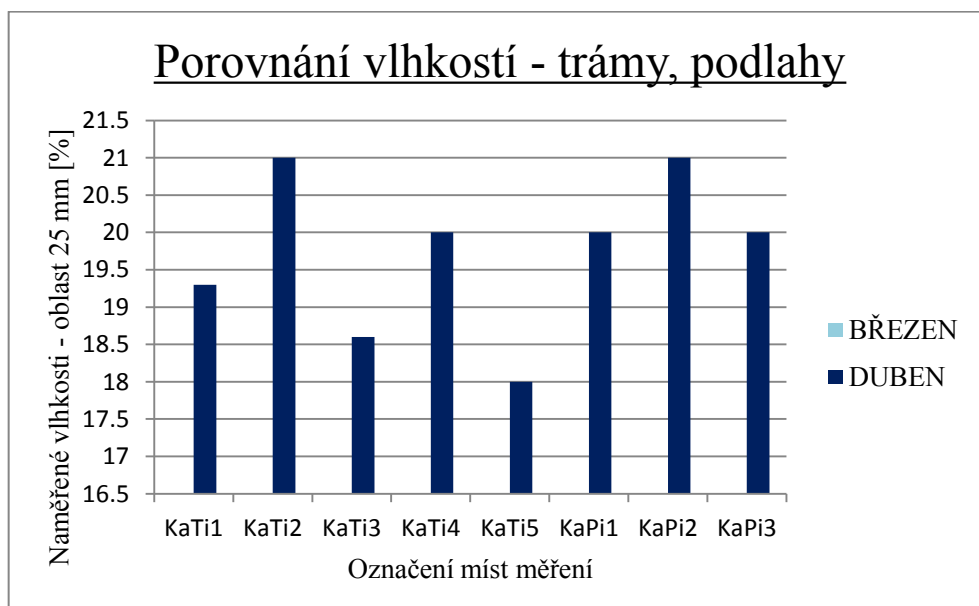
Obr. 36 - Vlhkost stanovená kapacitní metodou – Stěny – 25 mm

U obrázku 36 lze vidět, že hodnota u první sondy KaSi1 měřená v dubnu převyšuje vlhkost 25 % obdobně jako v případě měřicí hloubky 10 mm.



Obr. 37 - Vlhkost stanovená kapacitní metodou – Trámy, podlahy – 10 mm

V dubnu byly naměřeny i vlhkosti trámů a podlah v jednotlivých místnostech (viz Obr. 37, 38). Hodnoty vlhkostí u oblasti měření 10 mm se pohybují okolo 14 %, u oblasti měření 25 mm okolo 19%. Což nám ukazuje, že vlhkost při měření v oblasti 25 mm je vyšší, z důvodu větší vlhkosti uvnitř zkoušeného prvku a vysycháním povrchových vrstev za příznivého počasí.



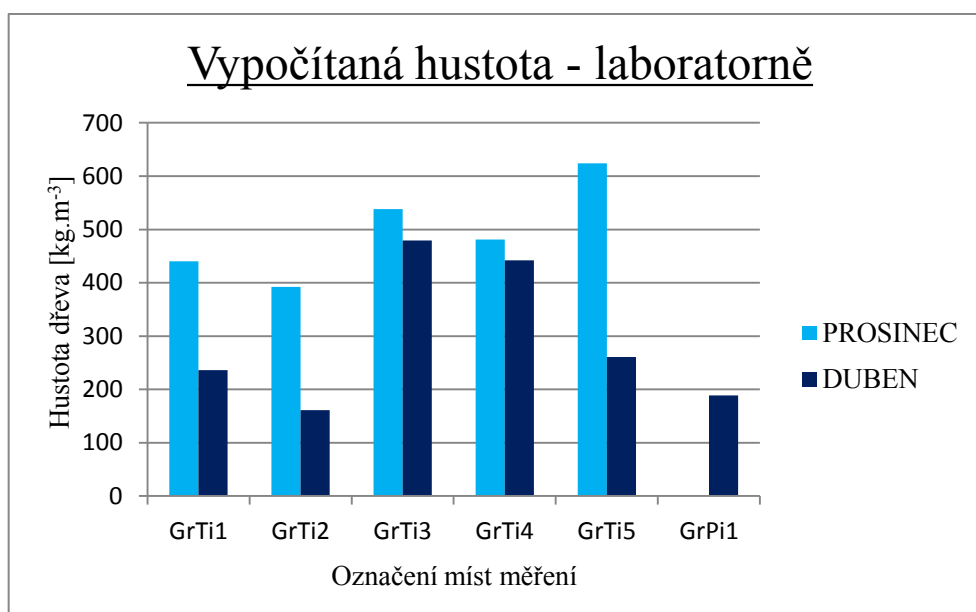
Obr. 38 - Vlhkost stanovená kapacitní metodou – Trámy, podlahy – 25 mm

8.5.4. Laboratorní stanovení hustoty

U odebraných vzorků jsem stanovila hustotu, která se pohybuje okolo 500 kg.m^{-3} , výjimkou je hustota trámu 5, jehož vzorek odebraný v prosinci převyšuje hodnotu 600 kg.m^{-3} (viz Obr. 39). V grafu můžeme vidět, že dubnové hodnoty hustot jsou menší než hodnoty hustot z prosince (viz Tab. 8). Důvodem je zejména odběr vzorků z různého místa, které obsahovalo v případě dubnových vzorků části s nižší hustotou (např. degradované části, vyšší podíl jarního dřeva apod.)

Tab. 8 - Průměrná hustota trámů

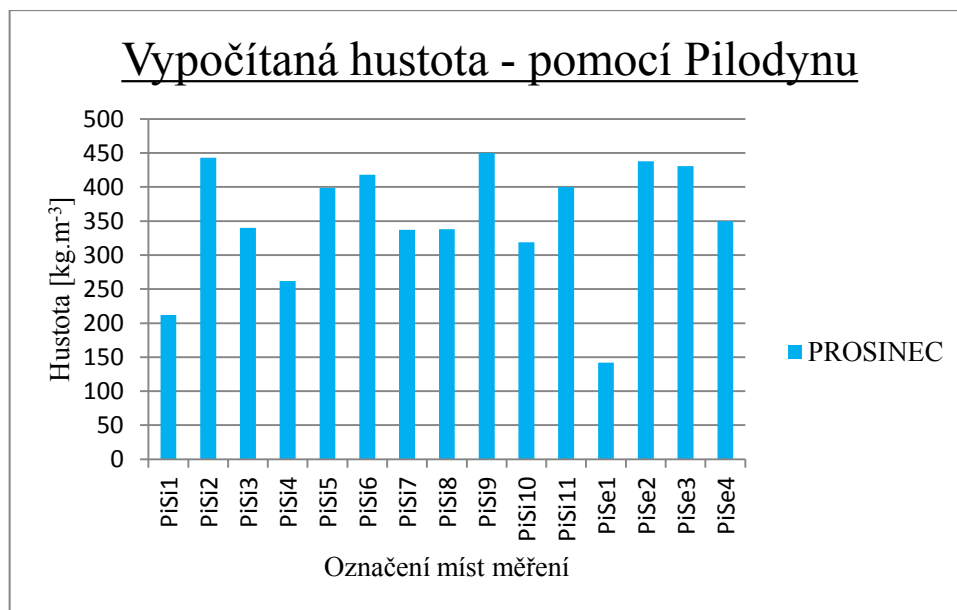
VZOREK		PRŮMĚRNÁ HUSTOTA [kg.m^{-3}]
PROSINEC	Trámy - interiér	500
DUBEN	Trámy - interiér	320



Obr. 39 - Hustota stanovená laboratorně

8.5.5. Stanovení hustoty pomocí Pilodynů

K vypočítání hustoty dřeva jsem použila vlhkost změřenou odporovým hrotovým vlhkoměrem. Vypočítané hustoty dřeva se pohybují v rozmezí $200 - 450 \text{ kg.m}^{-3}$, s výjimkou hustoty exteriérové stěny 1, která má hustotu dřeva nižší než ostatní, a to 142 kg.m^{-3} (viz Obr. 40), pravděpodobně z důvodu větší degradace prvku.

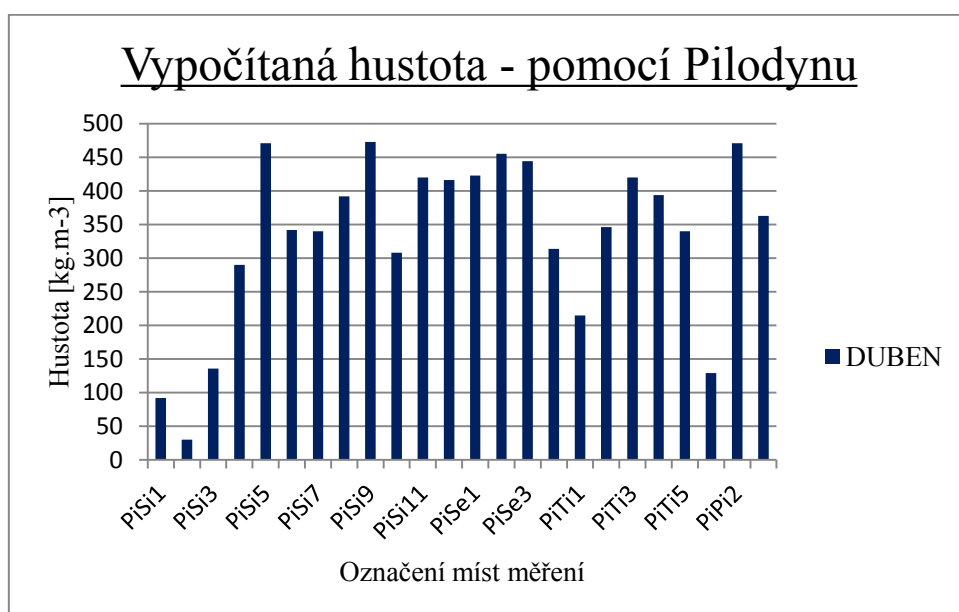


Obr. 40 - Hustota stanovená pomocí Pilodynů – Prosinec

U vypočítaných hustot dubnových vzorků, lze vidět větší výkyvy (viz Obr. 41). U interiérových stěn je hustota dřeva až příliš nízká, pravděpodobně z důvodu špatného zapsání naměřených hodnot nebo způsobenou degradací dřeva. Hustota zde nedosahuje ani 100 kg.m⁻³.

Ostatní naměřené hodnoty hustot se pohybují okolo 400 kg.m⁻³.

V případě obou grafů se jedná především o hustoty smrkového dřeva, které má charakteristickou hustotu v rozmezí 440 – 470 kg.m⁻³, což v případě většiny zkoušených vzorků neodpovídá.



Obr. 41 - Hustota stanovená pomocí Pilodynů – Duben

8.5.6. Porovnání zkušebních metod

Jednotlivé zkušební metody byly mezi sebou porovnány, aby se potvrdila objektivita a použitelnost jednotlivých metod. Z tabulky 9 je patrné, že hodnoty vlhkostí stanovené nedestruktivně odporovou a kapacitní metodou jsou srovnatelné.

Tab. 9 - Porovnání kapacitní a odporové metody

VZOREK - DUBEN		PRŮMĚRNÁ VLHKOST [%]
KAPACITNÍ METODA (25 mm)	Stěny - interiér	19,0
	Stěny - exteriér	17,2
	Trámy - interiér	19,4
ODPOROVÁ METODA	Stěny - interiér	18,9
	Stěny - exteriér	17,4
	Trámy - interiér	19,5
VÁHOVÁ METODA	Trámy - interiér	15,3

Z hodnot vlhkosti je ovšem patrné, že u interiérových trámů, kde byly použity všechny metody, je průměrná vlhkost stanovená gravimetrickou metodou nižší. Jelikož je gravimetrická zkouška považována za referenční, lze říci, že kapacitní a odporová metoda stanovení vlhkosti poskytuje hodnoty vyšší a to cca o 4 %.

Porovnáme – li stanovení hustoty dřeva laboratorně a pomocí přístroje pilodyn, které proběhlo v dubnu, lze vysledovat, že průměrné hustoty interiérových trámů jsou přibližně stejné u obou metod zkoušení. Z toho důvodu je možné říci, že výsledky zkoušky in situ i laboratorní spolu korespondují a poskytují poměrně přesné hodnoty (viz Tab. 10).

Tab. 10 - Porovnání hustot

VZOREK - DUBEN		PRŮMĚRNÁ HUSTOTA [kg.m⁻³]
LABORATORNĚ STANOVENÁ HUSTOTA	Trámy - interiér	320
HUSTOTA STANOVENÁ POMOCÍ PILODYNU	Trámy - interiér	340

9. Závěr

Mým úkolem bylo provedení stavebně technického průzkumu a prioritně stanovení vlhkosti pomocí různých zkušebních metod. Tato práce byla prováděna z důvodu stanovení vlhkosti dřevěných částí objektu, aby bylo možné určit dopady působící vlhkosti na zkoumaný objekt i jednotlivé konstrukce.

Při diagnostice posuzovaného objektu jsem vycházela se svých znalostí a za použití normových podkladů, literatury a internetových zdrojů uvedených v použitých zdrojích informací. Při použití jednotlivých zkušebních metod jsem zjistila, že všechny metody jsou relativně přesné a snadno použitelné.

Pouze měření vlhkosti odporovou a kapacitní metodou vykazuje v porovnání s gravimetrickou zkouškou vyšších hodnot a to v řádech procent. Všechny metody hodnotily zejména povrchovou vlhkost dřeva.

Důležitým zjištěním u zkoumaného objektu je to, že i přes stáří objektu je v relativně dobrém stavu. Tento objekt bude ještě dlouho sloužit bez nutnosti velkých oprav.

Vlhkost dřeva použitého na stavbu objektu lze klasifikovat jako mírně zvýšenou, i když byly očekávány vyšší hodnoty, z důvodu umístění v podhorské oblasti a neprofesionálního provedení výstavby. Největší vlhkost byla zjištěna na nejstarších konstrukcích stavby, ale rozdíly od ostatních částí nebyli příliš velké.

Díky zpracovávání bakalářské práce na toto téma, jsem se naučila dobře porozumět dřevěným konstrukcím a změnám dřeva, ke kterým dochází vlivem změny vlhkosti, teploty, zatěžováním a dlouhodobých užíváním.

10. Poděkování

Ráda bych poděkovala Ing. Tereze Majstříkové za veškerou pomoc, spolupráci a rady při psaní bakalářské práce.

Také bych ráda poděkovala Laboratoři stavebních hmot, jmenovitě Ing. Davidu Bujdošovi za vypůjčení přístrojů ze školních laboratoří.

V neposlední řadě bych chtěla poděkovat své nejbližší rodině, především svým rodičům, příteli a přátelům za veškerou podporu při studiu.

11. Použité zdroje informací

11.1. Normy

- [1] ČSN ISO 13822. *Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí*. 2014.
- [2] ČSN EN 13183-1. *Vlhkost vzorku řeziva - Část 1: Stanovení váhovou metodou*. 2002.
- [3] ČSN EN 13183-2. *Vlhkost vzorku řeziva - Část 2: Odhad elektrickou odporovou metodou*. 2004.
- [4] ČSN EN 13183-3. *Vlhkost vzorku řeziva - Část 3: Odhad kapacitní metodou*. 2005.

11.2. Odborná literatura

- [5] KOLEKTIV AUTORŮ. *Vybrané kapitoly k tématu péče o stavební a umělecké památky II. Díl*. Praha: Idea servis, 2008. ISBN 978-80-85970-62-3.
- [6] KUKLÍK, P. *Dřevěné konstrukce*. Praha: ČKAIT, 2005. ISBN 80-86769-72-0.
- [7] MENCL, V. *Stavebně technické průzkumy*. Praha: ČKAIT, 2012. ISBN 978-80-87438-27-5.
- [8] WITZANY, J., et al.: *PDR - Poruchy, degradace a rekonstrukce*. Praha: ČVUT, 2010. ISBN 978-80-01-04488-9.
- [9] SVOBODA, Luboš. *Stavební hmoty*. Bratislava: Jaga, 2009. ISBN 978-80-8076-057-1.

11.3. Zdroje z internetu

- [10] Stavebně-technický průzkum dřevěného krovu kostela. *ABS-portal.cz* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/drevostavby/stavebne-technicky-pruzkum-dreveneho-krovu-kostela>
- [11] Stavba dřeva. *ASPARA* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: <http://www.elearning.aspara.cz/subdom/elearning/index.php?page=stavba-dreva>

- [12] Fyzikální vlastnosti dřeva. *ASPARA* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: <http://www.elearning.aspara.cz/subdom/elearning/index.php?page=fyzikalni-vlastnosti-dreva>
- [13] Mechanické vlastnosti. *ASPARA* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: <http://www.elearning.aspara.cz/subdom/elearning/index.php?page=mechanicke-vlastnosti>
- [14] *Fyzikální vlastnosti dřeva* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: http://kacenka.web2001.cz/drevo/fyzikalni_vlastnosti_dreva.htm
- [15] Vlastnosti dřeva. *OKNOTHERM* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: <http://www.oknotherm.cz/vlastnosti-dreva/>
- [16] Dřevo. *Zkoušení stavebních hmot a výrobků* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: http://homel.vsb.cz/~khe0007/opory/opory.php?stranka=drevo_zkouseni
- [17] Vady dřeva. *Nauka o materiálech* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: <http://evawolna.sweb.cz/prvak-mat5.php>
- [18] Vady dřeva. *Lexikon vad dřeva* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: http://fld.czu.cz/~zeidler/lexikon_vad/index.htm
- [19] *Vlhkost dřeva* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=9177
- [20] *Škůdci dřeva* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: <http://www.skudci.com/>
- [21] *Atmosférická a biologická koroze dřeva* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: <http://drevostavebniportal-popularizace.msdk.cz/files/atmosfericka-a-biologicka-koroze-dreva.pdf>

- [22] *Druhy stavebně technických průzkumů* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: https://www.fast.vsb.cz/export/sites/fast/206/cs/resene-projekty/frvs-2009-2529/3_druhy_stavebne_technickych_pruzkumu.pdf
- [23] *Dřevokazné houby* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: <http://kudlufotoatlashub.blog.cz/>
- [24] *Stavebně technický průzkum. IKA BUILD OG* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: http://www.buildog.cz/stavebne_technický_pruzkum_r_005216
- [25] *Hustota dřeva. IKA BUILD OG* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=9179
- [26] *Objemová hmotnost dřeva. Naše stromy* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: <http://www.nasestromy.cz/objemova-hmotnost-dreva/>
- [27] *Metody pro zjišťování spolehlivosti historických dřevěných konstrukcí. Tzbinfo* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/drevene-konstrukce/9669-metody-pro-zjistovani-spolehlivosti-historickych-drevenych-konstrukci>
- [28] *Průzkum, diagnostika, monitorování a hodnocení staveb* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: [file:///C:/Users/Eliska/Downloads/01_pruzkum%20\(12\).pdf](file:///C:/Users/Eliska/Downloads/01_pruzkum%20(12).pdf)
- [29] *Diagnostika dřevěných konstrukcí* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: https://www.fast.vsb.cz/export/sites/fast/206/cs/resene-projekty/frvs-2009-2529/5_diagnostika_drevenych_konstrukci.pdf
- [30] *Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: <http://nahliznidokn.cuzk.cz/>
- [31] *Hydro-termická úprava dřeva* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: http://ldf.mendelu.cz/und/sites/default/files/soubory_hud/CV-HUD-7-2010_hodnoceni-kvality-reziva.pdf

- [32] Dřevo. *Stavební hmoty II.* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: file:///D:/files/13_stavebni_hmoty_ii/files/stavebni_hmoty_ii_drevo.pdf
- [33] *Zkušební přístroje* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: <https://www.fast.vsb.cz/223/cs/fotogalerie/>
- [34] Přehled fyzikálních vlastností dřeva. *Dřevo a jeho ochrana* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/EOPORY/DROCH-Drevo_a_jeho_ochrana/droch_cv_05-FVD.pdf
- [35] *Dřevo* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: http://homel.vsb.cz/~khe0007/Predmety/Stavebni_hmoty_II/Stavebni_hmoty_II_drevo.pdf
- [36] *Určování druhů dřevin* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: http://homel.vsb.cz/~khe0007/opory/opory.php?stranka=drevo_makro
- [37] *Stromy v obci* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: <http://www.velkekarlovice.cz/zajimavosti-priroda>
- [38] Klíč k určování dřevin. *Anatomická stavba dřeva* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: http://ldf.mendelu.cz/und/sites/default/files/multimedia/stavba_dreva/klic/index.htm
- [39] *Makroskopická stavba dřeva* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: <http://evawolna.sweb.cz/prvak-mat3.php>
- [40] *Přístroj Pilodyn* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: <http://woodscan.co/OnlineStore.html>
- [41] *Kapacitní vlhkoměr* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: http://www.meteostanice.cz/vlhkomery_materialu-greisinger_kapacitni_meric_vlhkosti_materialu_greisinger_gmk100-753295324-575443584-vlhkomery-na-drevo/

12. Seznamy

12.1. Seznam obrázků

<i>Obr. 1 – Členění struktur dřeva</i>	<i>14</i>
<i>Obr. 2 – Základní řezy dřevem</i>	<i>15</i>
<i>Obr. 3 - Kmenové prvky v příčném řezu</i>	<i>15</i>
<i>Obr. 4 – Směry dřeva</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 5 – Borcení dřeva</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 6 – Kornatění dřeva, vidličková zkouška.....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 7 – Dřevomorka domácí</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 8 – Pevník chlupatý</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 9 – Červotoč proužkovaný</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 10 – Červotoč umrlčí</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 11 – Tesařík krovový</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 12 – Vývojový diagram obecného postupu hodnocení existujících konstrukcí</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 13 – Posuzovaný objekt s přilehlou chatou</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 14 – Katastrální mapa objektu</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 15 – Zalesnění okolo objektu</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 16 – Vikýř na střeše s asfaltovými pásy.....</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 17 – Datování objektu</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 18 – Uložení objektu na kamenném kvádru.....</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 19 – Použití pálené cihly</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 20 – Mechové povlaky na krytině</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 21 - Provizorní podpory</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 22 – Povrchová degradace dřeva.....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 23 – Zdvojení trámu</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 24 – Zkorodované kovové hřebíky ve dveřích</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 25 – Asfaltové pásy střechy s porosty.....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 26 – Napadení dřeva dřevokazným hmyzem</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 27 – Poškozené štíty objektu.....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 28 – Zkušební vzorek T1 odebraný z trámu.....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 29 – Hrotový odporový elektrický vlhkoměr</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 30 – Kapacitní vlhkoměr</i>	<i>43</i>

Obr. 31 – Pilodyn	46
Obr. 32 - Vlhkost stanovená váhovou metodou	49
Obr. 33 - Vlhkost stanovená odporovou metodou – Stěny	50
Obr. 34 - Vlhkost stanovená odporovou metodou – Trámy, podlahy	51
Obr. 35 - Vlhkost stanovená kapacitní metodou – Stěny – 10 mm	52
Obr. 36 - Vlhkost stanovená kapacitní metodou – Stěny – 25 mm	52
Obr. 37 - Vlhkost stanovená kapacitní metodou – Trámy, podlahy – 10 mm	53
Obr. 38 - Vlhkost stanovená kapacitní metodou – Trámy, podlahy – 25 mm	53
Obr. 39 - Hustota stanovená laboratorně	54
Obr. 40 - Hustota stanovená pomocí Pilodynu – Prosinec	55
Obr. 41 - Hustota stanovená pomocí Pilodynu – Duben	55

12.2. Seznam tabulek

Tab. 1 - Dělení dřevin dle hustoty (objemové hmotnosti) dřeva	17
Tab. 2 - Hodnoty vlhkostí dřeva	21
Tab. 3 - Vlastnosti zkoušených vzorků	41
Tab. 4 - Parametry zkoušených těles pro výpočet hustoty	45
Tab. 5 - Výsledné vlhkosti váhové metody	48
Tab. 6 - Průměrné hodnoty vlhkostí – odporová metoda	50
Tab. 7 - Průměrné hodnoty vlhkostí – kapacitní metoda	51
Tab. 8 - Průměrná hustota trámů	54
Tab. 9 - Porovnání kapacitní a odporové metody	56
Tab. 10 - Porovnání hustot	57

12.3. Seznam příloh

- Příloha 1 – Fotografie posuzovaného objektu**
- Příloha 2 – Výsledky váhové (gravimetrické) metody**
- Příloha 3 – Výsledky odporové elektrické metody**
- Příloha 4 – Výsledky kapacitní metody**
- Příloha 5 – Výsledky laboratorně stanovené hustoty**
- Příloha 6 – Výsledky stanové hustoty pomocí Pilodynu**